

Riku Poikkijoki

Jälkikaiunta-aikojen mittauksia Alavuden kaupungin julkisissa tiloissa

Opinnäytetyö

Kevät 2018

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Riku Poikkijoki

Työn nimi: Jälkikaiunta-aikojen mittauksia Alavuden kaupungin julkisissa tiloissa

Ohjaaja: Jorma Tuomisto

Vuosi: 2018 Sivumäärä: 36 Liitteiden lukumäärä: 17

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli mitata jälkikaiunta-ajat Alavuden kaupungin ehdottamissa tiloissa. Työn pohjalta laadittiin korjausehdotukset tiloista, joissa jälkikaiunta-ajat ylittävät standardien määrittämät enimmäisarvot. Työssä on käytetty standardin SFS 5907 ja Suomen rakentamismääräyskokoelman C1 määrittämiä enimmäisarvoja jälkikaiunta-ajalle.

Työssä käydään läpi jälkikaiunta-aikaan liittyvää ääniopin teoriaa, akustiikan tärkeyttä tiloissa ja sen terveyteen ja turvallisuuteen liittyviä vaikutuksia sekä jälkikaiunta-ajan mittauksen suorittamisen vaiheet. Mittaukset tehtiin Seinäjoen ammattikorkeakoulun laboratorion laitteistolla.

Alavudella mittauskohteita oli yhteensä 16, joissa mitattavia tiloja oli 20. Mitattavia tiloja oli päiväkotien leikkihuoneet ja yksi lepohuone, koulujen ja yhden vanhainkodin liikuntatilat, auditorio sekä päiväkodin ruokala. Näistä neljä tilaa ylittivät jälkikaiunta-ajan standardien määrittämät enimmäisarvot ja niille tehtiin korjausehdotukset työn loppuun. Korjausehdotuksissa käydään kohteittain läpi korjausehdotukset ja niiden vaikutukset.

Avainsanat: Jälkikaiunta-aika, kaiku, akustiikka, korjauskehotus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Riku Poikkijoki

Title of thesis: Measuring the reverberation time in the public spaces of the town of Alavus

Supervisor: Jorma Tuomisto

Year: 2018 Number of pages: 36 Number of appendices: 17

The thesis examined the sound theory of acoustic reverberation, the importance of acoustics in different spaces and its health and safety effects, and the steps of performing the reverberation time measurement. The measurements were made using the sound measuring equipment of Seinäjoki University of Applied Sciences.

The purpose of this thesis was to measure reverberation times in the spaces proposed by the town of Alavus. Based on this work repair proposals were made for spaces where the reverberation times exceeded the maximum values defined by standards. The values for the reverberation time were set according to the standard SFS 5907 and The National Building Code of Finland C1.

In Alavus the total number of measured locations was 16, with a total of 20 measured spaces. The measured spaces were kindergarten playrooms and one rest room, schools and one nursing home gym, auditorium, and a kindergarten canteen. Four of these spaces exceeded the maximum values defined by the reverberation time standards and for those repair proposals were made at the end of the thesis. In the repair proposal the recommended actions were defined and their effects for the spaces were explained.

Keywords: Reverberation time, echo, acoustics, repair proposal

SISÄLTÖ

| | |
|--|----|
| Opinnäytetyön tiivistelmä..... | 2 |
| Thesis abstract..... | 3 |
| SISÄLTÖ | 4 |
| Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo | 6 |
| Käytetyt termit ja lyhenteet | 8 |
| 1 JOHDANTO | 9 |
| 2 TEORIAA | 10 |
| 2.1 Ääni ja äänenpaine | 10 |
| 2.2 Taajuus | 11 |
| 2.3 Huoneakustiikka..... | 12 |
| 2.4 Jälkikaiunta-aika..... | 12 |
| 2.5 Absorptio ja vaikuttavat tekijät..... | 14 |
| 2.6 Standardit..... | 16 |
| 3 JÄLKIKAIUNTA-AJAN MERKITYS TERVEYTEEN JA TURVALLISUUTEEN..... | 18 |
| 4 JÄLKIKAIUNTA-AIKOJEN MITTAUS | 20 |
| 4.1 Kohteet..... | 20 |
| 4.2 Tilat | 22 |
| 4.3 Mittauslaitteet..... | 22 |
| 4.4 Jälkikaiunta-ajan mittaus dBati32-ohjelmalla | 25 |
| 4.5 Tulokset | 27 |
| 5 KORJausehdotukset..... | 28 |
| 5.1 Materiaalit ja käyttötarkoitus..... | 28 |
| 5.2 Ehdotukset kohteittain..... | 29 |
| 5.2.1 Päiväkotitervanalle..... | 29 |
| 5.2.2 Tuurin koulu | 30 |
| 5.2.3 Kirkkomännikön koulu | 31 |
| 5.2.4 Iivarin koulu..... | 32 |
| 6 YHTEENVETO..... | 34 |

| | |
|----------------|----|
| LÄHTEET | 35 |
| LIITTEET | 36 |

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

| | |
|--|----|
| Kuva 1. Kaiutin DO12 säädettävällä tukijalalla..... | 23 |
| Kuva 2. Mittauslaitteisto. | 24 |
| Kuva 3. Mikrofoni PRE12H säädettävällä tukijalalla..... | 24 |
| Kuva 4. Mittauksen jälkeiset tulokset näytöllä. | 26 |
| Kuva 5. Päiväkotitervanleikkihuone..... | 30 |
| Kuva 6. Tuurin koulun liikuntatila. | 31 |
| Kuva 7. Kirkkomännikön koulun liikuntatila. | 32 |
| Kuva 8. Iivarin koulun liikuntatila. | 33 |
| Kuva 9. Iivarin koulun liikuntatila. | 33 |
| | |
| Kuvio 1. Äänenpainetaulukko (Paroc, [viitattu 4.1.2018])..... | 11 |
| Kuvio 2. Jälkikaiunta-aika (Paroc, [viitattu 6.1.2018])..... | 13 |
| Kuvio 3. Absorption käyttäytyminen (Paroc, [viitattu 9.1.2018])..... | 14 |
| Kuvio 4. Äänen heijastuminen (RIL 243-1-2007 2007, 161). | 15 |
| Kuvio 5. Kohteiden sijainnit kartalla (Fonecta, [viitattu 10.1.2018])..... | 20 |
| Kuvio 6. Kohteiden sijainnit kartalla (Fonecta, [viitattu 10.1.2018])..... | 21 |
| Kuvio 7. Kohteiden sijainnit kartalla (Fonecta, [viitattu 10.1.2018])..... | 21 |
| | |
| Taulukko 1. SFS 5907:n enimmäisarvot jälkikaiunta-ajalle..... | 17 |
| Taulukko 2. RakMK C1:n enimmäisarvot jälkikaiunta-ajalle..... | 17 |

| | |
|----------------------------------|----|
| Taulukko 3. Kohteiden nimet..... | 22 |
|----------------------------------|----|

Käytetyt termit ja lyhenteet

| | |
|--------------------------|--|
| Absorptio | Äänen imeytyminen aineeseen. |
| Absorptiokerroin | Materiaalin kyky absorboida eli imeä ääntä. Absorptiokerroin avulla lasketaan jälkikaiunta-aikoja ja pinnan, joka heijastaa kaiken siihen osuneen äänen absorptiokerroin on 0. Ääntä hyvin vaimentavan materiaalin kerroin on lähellä arvoa 1. |
| Akustiikka | Äänioppi, käsittää kaikki fysikaaliset ilmiöt, jotka ihminen tunnistaa kuuloaistinsa välityksellä. |
| Desibeli | Äänenpainetason yksikkö. |
| Ilmaääni | Ääni, joka kantautuu ympäristöön äänilähteestä ilman välityksellä. |
| Jälkikaiunta-aika | Aika, jolloin äänenpainetaso äänilähteen hiljennyttyä laskee 60 desibeliä. Tarkoittaa kaiun kestoa. |
| Melu | Ihmisen kuuloaistia häiritsevä ääni. |
| Taajuus | Värähdysten lukumäärä tietyssä ajassa. Taajuus on äänen taajuuden yksikkö, jonka ihmiskorva kuulee 20 - 20000 hertsin alueella. |
| Äänenpaine | Ilmanpaineen vaihtelua, jota ääniaallot tuottavat. |
| Ääni | Värähtely, joka etenee väliaineessa. Havaitaan kuuloaistin avulla. |

1 JOHDANTO

Jälkikaiunta-ajan merkitys näkyy tiloissa, joissa kaikuminen häiritsee kuuloaistia merkittävästi. Päiväkodin henkilökunta ei ole mielissään siitä, että lasten kimeät äänet kaikuvat leikkihuoneessa ja kuuloaisti on koetuksella. Tämä johtaa äänen korottamiseen, ongelmiin puheäänen muodostuksen kanssa ja mahdollisesti sairauslomiin herkkä-äänisillä ihmisillä. Tästä syystä Alavuden kaupunki on päättänyt siihen, että on syytä mitata tilojen jälkikaiunta-ajat ja selvittää mahdolliset korjaustoimenpiteet. Varsinkin Alavuden liikuntatiloissa on havaittu häiritsevää kaiuntaa. Tämä on ymmärrettävää ottaen huomioon esimerkiksi joukkuelajit tai konsertit, missä syntyy huomattavan paljon melua.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli mitata jälkikaiunta-ajat ja selvittää, ylittävätkö ne standardien määrittämät enimmäisarvot mitattavissa tiloissa. Akustinen suunnittelu ja absorptiomateriaalin oikeaoppinen käyttö on nykypäivänä erityisen tärkeää juuri näiden ongelmien välttämiseksi, mitä tämän työn neljässä mitattavassa tilassa havaittiin. Lähtökohtana on suunnitella tilan ääniolosuhteet tilan käyttötarkoitukseen sopivaksi.

Opinnäytetyössä tehtiin tilakohtaiset korjausehdotukset jälkikaiunta-ajan enimmäisarvojen ylittävistä tiloista. Korjausehdotuksissa esitettiin korjaustoimenpiteet jälkikaiunta-ajan pienentämiseksi ja kerrottiin korjaustoimenpiteiden vaikutuksista. Tilojen kaiuntaa voidaan vähentää pienillä toimenpiteillä, joilla on huomattava vaikutus. Näissä tiloissa absorptiomateriaalin käyttö tulee hyvin esiin korjaustoimenpiteiden avulla. Kaikista mittauksista on tehty raportit ja ne ovat esitettyinä työn lopussa liitteinä. Raporteissa on kerrottu mittauksien tiedot, tavoitearvot ja tulokset sekä esitetty tiloista otetut kuvat.

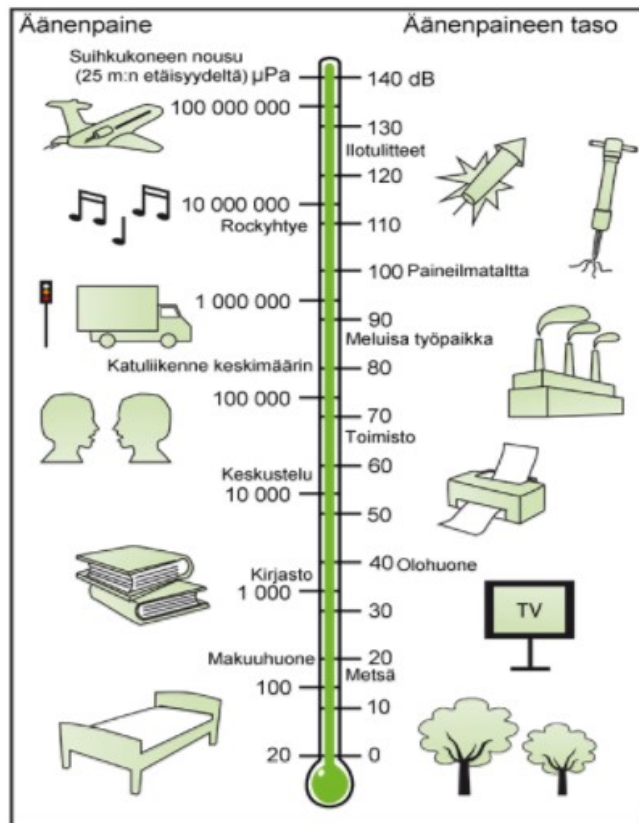
2 TEORIAA

2.1 Ääni ja äänenpaine

Ihminen kuulee äänen värähtelynä, kun korvan rumpukalvo värähtelee ilmanpaineen vaihtelun tuloksena. Ääni jatkaa matkaa niin sanottuna pitkittäisaaltona ympäristöön äänilähteen kautta, jolloin ilmahiukkasten liikkuminen saa liikkeelle seuraavat hiukkaset. Jos käytetään esimerkiksi äänenlähteenä ihmisen äänihuulia, ne aiheuttavat ympäristössä harventumia sekä tihentymiä värähtelyn tuloksena. (RIL 243-1-2007 2007, 35.)

Äänellä on taajuus, aallonpituus ja voimakkuus (Paroc, [viitattu 1.1.2018]). Se ei voi edetä tyhjiössä, joten se tarvitsee väliaineen jatkaakseen. Ilma toimii ihmisen aistiman äänen väliaineena, joten sitä kutsutaan ilmaääneksi. (RIL 243-1-2007 2007, 35.)

Ääniaallot luovat ilmassa vaihteluita ilmanpaineeseen, joista äänenpaine tai äänenpainetaso muodostuu (Ecophon, [viitattu 2.1.2018]). Ihminen voi reagoida kuulemaansa ääneen monella eri tavalla. Siihen vaikuttavat mieliala, äänentaso, taajuus ja äänen antoisuus, riippuen onko se esimerkiksi häiritsevää ääntä vai miellyttävän kuuloista musiikkia. Kukin meistä kokee äänen omalla tavallaan, koska toinen kokee jonkin tietyn äänen häiritsevänä, toinen ei edes huomaa sitä. Kuviossa 1 on esitetty yleisiä äänenpaineentasoja, joita ihminen havaitsee arkielämässä. (Paroc, [viitattu 3.1.2018].)



Kuvio 1. Äänenpainetaulukko (Paroc, [viitattu 4.1.2018]).

2.2 Taajuus

Matalat äänet ovat pienitaajuista värähtelyä ja korkeat äänet ovat suuritaajuista värähtelyä. Taajuus ilmaisee värähtelyjen määrän sekunnissa. Se ilmenee kaavassa, jossa äänen taajuus määritellään aikayksikössä toteutuvien värähdysliikkeiden määränä: (RIL 243-1-2007 2007, 35.)

$$f = \frac{n}{T} \quad (1)$$

missä

f on äänen taajuus [Hz]

T on aika [s]

n on värähdysliikkeiden määrä.

Infraääniksi nimitetään kuuloalueen alapuolelle jääviä alle 20 hertsin ääniä ja ultraääniksi kuuloalueen yläpuolelle jääviä yli 20000 hertsin ääniä. Taajuusalueella 20 - 20000 hertsin ihmisen kuuloalue ulottuu 0 desibelistä 120 desibeliin muodostaen kuulokynnyksen (0 dB) ja kipukynnyksen (120 dB). 300 - 3000 hertsin taajuusalueella puhutaan selkeästä puheäänestä. (Paroc, [viitattu 5.1.2018].)

2.3 Huoneakustiikka

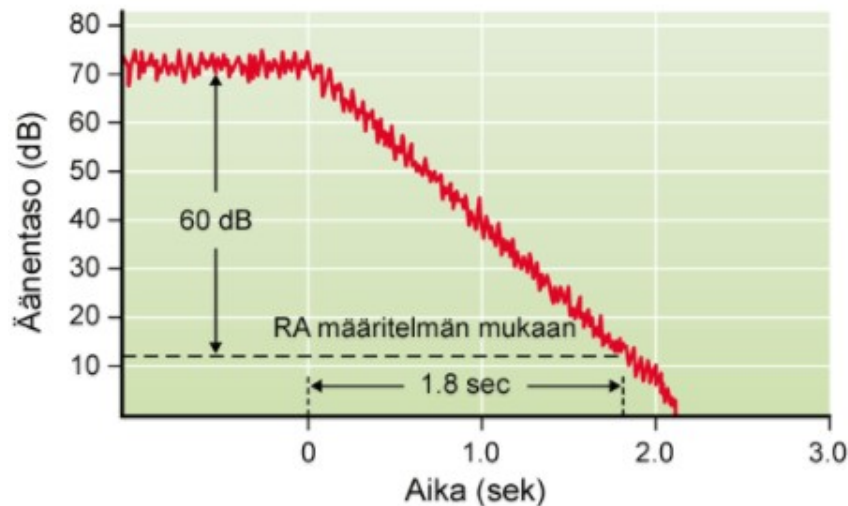
Huoneakustisella suunnittelulla pyritään tilasta riippuen selkeään musiikin kuunteleluun tai puheen ymmärtämiseen niin, että ihmisen korva kuulee sen selkeästi. Tila tarvitsee sekä ääntä vaimentavia että heijastavia pintoja. Vaimentavat pinnat erottavat puheen tavut toisistaan hienosti, koska ne pienentävät tilan kaiuntaa. Heijastavat pinnat kohdistavat ääntä esiintyjästä yleisölle. Näillä pystytään vaikuttamaan siihen, miten selkeästi ihmisen korva kuulee puheen. (RIL 243-1-2007 2007, 158.)

Kuuloaisti vaistoa suurimman osan äänienergiasta suljetussa tilassa, joka heijastuu tilan seinä-, lattia- ja kattopinnoista. Huoneakustiikan päämääränä on hallita äänen käyttäytymistä tilassa. Huoneen kaikuminen vaikuttaa paljon tähän ja siksi jälkikaiunta-aika on merkittävä huoneakustiikan tunnusluku. (RIL 243-1-2007 2007, 159.)

Esimerkiksi elokuvateatterissa katsoja havainnoi kaiuttimista tulevat kohdistetut äänet ja absorboivista pinnoista tulevat heijastukset ovat niukkoja. Tämän takia tilan kaiunta ei saa vaikuttaa toistettuun ääneen, pinnat ovat paljolti absorboivia ja jälkikaiunta-aika lyhyt. (RIL 243-1-2007 2007, 158.)

2.4 Jälkikaiunta-aika

Jälkikaiunta-aika tarkoittaa kaiun kestoa. Silloin puhutaan ajasta, jolloin äänenpaineitaso äänilähteen hiljennyttyä laskee 60 desibeliä. Kuviossa 2 on esitetty jälkikaiunta-ajan määritelmä.



Kuvio 2. Jälkikaiunta-aika (Paroc, [viitattu 6.1.2018]).

Arkikielessä puhumme kaiusta. Jälkikaiunta-aika vaikuttaa esimerkiksi puheen ymmärrettävyyteen ja siihen, miten kuulemme esimerkiksi musiikin konserttisaleissa. Musiikin hahmottamiseen vaaditaan pidempi jälkikaiunta-aika kuin puheen ymmärtämiseen (Paroc, [viitattu 7.1.2018]). Pahimmillaan tiloissa, joissa jälkikaiunta-aika on huono, puhe puuroutuu ja siitä on hankala saada selvää. Jos jälkikaiunta-aika on liian pitkä eli ääni kaikuu liikaa, ihmisen korva ei saa selvää puuroutuvasta ja kaikuvaasta äänestä. Teattereita, konserttisaleja ja muita esiintymistiloja suunniteltaessa jälkikaiunta-aika on yksi olennaisista suunnittelukriteereistä, puhumattakaan päiväkotien leikkihuoneista tai koulujen liikuntatiloista. Päiväkotien leikkihuoneissa lasten korkea ääni haittaa henkilökunnan kuuloa ja rasittaa äänihuulia, mikäli akustiikkaa ei saada huoneessa toimivaksi ja henkilökunnan on korotettava tästä syystä ääntänsä. (SeAmk, 10.)

Ilmaääneneristysluvun ja askeläänitasoluvun mittausten yhteydessä määritetään aina jälkikaiunta-aika. Jälkikaiunta-aika mitataan standardin ISO 3382 - 1 mukaan. Kun halutaan verrattavissa olevia mittauksia kalustetuissa ja tyhjiissä huoneistoissa, mittaustulokset pystytään normalisoimaan jälkikaiunta-ajan avulla.

Huoneakustiikkaa suunniteltaessa jälkikaiunta-ajalle pystytään määrittämään likiarvo Sabinen kaavalla:

$$T = 0,16 * \frac{V}{A} \quad (2)$$

missä

T on jälkikaiunta-aika [s]

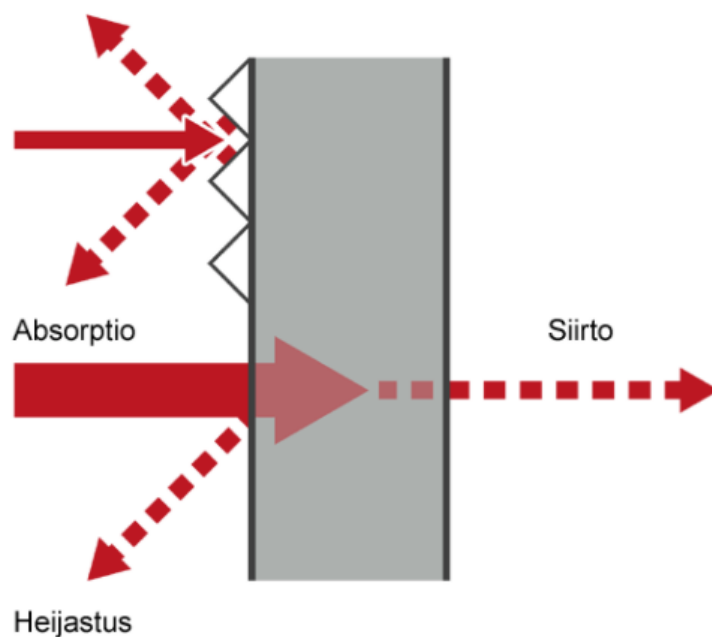
V on huoneen tilavuus [m^3]

A on huoneen absorptiopinta-ala [m^2].

Näin pystytään ennakoimaan, ettei tilassa ole liian suurta tai liian pientä jälkikaiunta-aikaa ja pystytään esimerkiksi asentamaan rakennusvaiheessa tarpeeksi absorboivaa materiaalia huonetiloihin liian kaiun estämiseksi. Äänenmittauslaitteistolla mitatut arvot tiloista ovat tarkkoja. Tällöin Sabinen kaavaa ei tarvitse käyttää jälkikaiunta-ajan laskemiseen. (Peltonen, Perkiö & Vierinen 2004, 153.)

2.5 Absorptio ja vaikuttavat tekijät

Absorptio tarkoittaa huoneen sisällä syntyvän äänen vaimenemista materiaalin kautta. Kuvio 3 näyttää, miten absorptio käyttäytyy, kun osa äänestä imeytyy materiaaliin, osa kimpoaa takaisin huoneeseen ja osa siirtyy materiaalin läpi. Tähän vaikuttavat materiaali, rakenteen muoto ja äänen taajuus. (Paroc, [viitattu 8.1.2018].)

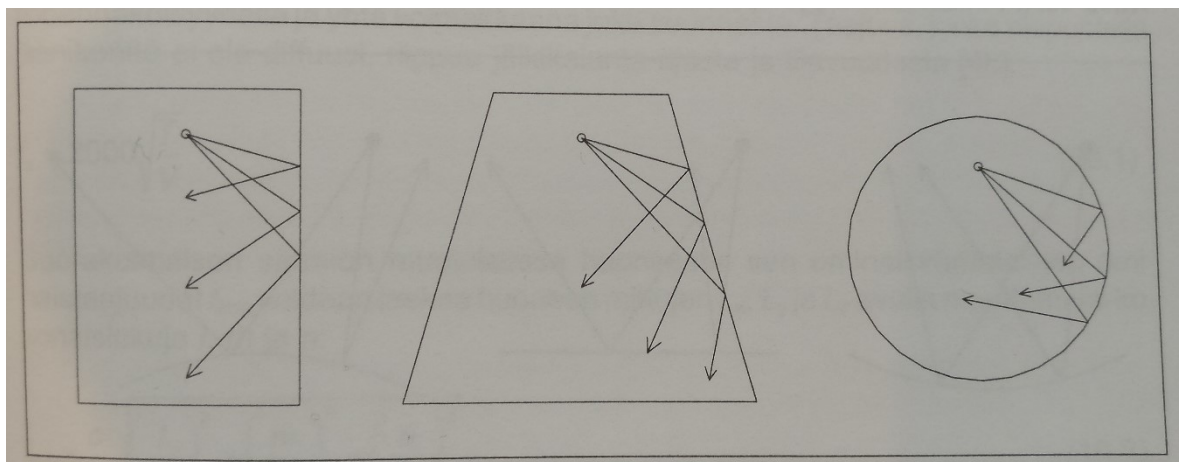


Kuvio 3. Absorption käyttäytyminen (Paroc, [viitattu 9.1.2018]).

Taajuudesta riippuen äänen absorptiosuhteen arvo voi olla 0 - 1:n välillä. Käytännössä se vaikuttaa siihen, kuinka paljon ääni heijastuu materiaalista takaisin. Mitä pienempi absorptiosuhde on, sitä enemmän materiaali heijastaa ääntä. Tietyille materiaaleille on määritetty valmiit ääniabsorptiokertoimet. Äänen taajuuden tärkeyden vuoksi jälkikaiunta-aika laskelmat mitataan joko oktaaveittain 125, 250, 500, 1000, 2000, ja 4000 Hz tai tarkemmin kolmannesoktaaveittain. (SFS 5907 2004, 29.)

Jälkikaiunta-aikaan vaikuttavat eniten tilassa olevat kalusteet, katon muoto ja pintamateriaalit. Kovat pinnat heijastavat äänen pois paremmin kuin huokoiset pinnat sekä materiaalit. Tilassa kaikuu näin ollen enemmän. Kaikki lisämateriaali tyhjässä tilassa vaikuttaa jälkikaiunta-aikaan, kuten kalusteet, niiden sijoittelu ja tilassa työskentelevät ihmiset. Huokoinen pintamateriaali, kuten kivivilla katossa, absorboi ääntä ja vähentää kaiuntaa. Jos tuolissa on pehmusteet, sen absorptiokyky voidaan laskea, kun tiedetään pehmusteen pinta-ala ja paksuus. Verhoillun penkin absorptioala on esimerkiksi 0,3 m². Absorptiokykyä ei yleensä ole ilmoitettu tuotetiedoissa. (SFS 5907 2004, 29.)

Tilan mallilla pystytään ohjaamaan ääntä huonetilassa. Suorakaiteen mallisessa tilassa ääni heijastuu tasaisesti seinistä, viuhkan mallisessa tilassa äänen heijastukset hajautuvat ja katon mallilla puheäänet pystytään näin ollen kohdistamaan yleisölle. Pyöreät ja kaarevat muodot sekä pinnat luovat tilaan äänen keskittymiä ja siksi niitä tulisi välttää. Äänen heijastumista tiloissa on esitetty kuviossa 4. (RIL 243-1-2007 2007, 160 - 161.)



Kuvio 4. Äänen heijastuminen (RIL 243-1-2007 2007, 161).

Pinnan muodolla ja rakenteella on myös vaikutusta äänen heijastumiseen. Esimerkiksi katon tai materiaalin pinnat voivat olla koveria, tasaisia, epätasaisia tai kuperia. Katon tai materiaalinpinnan muodolla pystytään hajottamaan ääntä, mutta se ei vähennä jälkikaiunta-aikaa yhtä paljon kuin absorption lisäys. (RIL 243-1-2007 2007, 162.)

2.6 Standardit

Eri tiloille on määritetty omat standardit tilan, koon ja käyttötarkoituksen mukaan. Standardi on ohjeistava opas, ei pakote (RIL 243-1-2007 2007, 20). Tilasuunnittelussa määräyksiä tulee noudattaa ja ohjeita käyttää sekä soveltaa niin, että edellytykset rakentamiselle täyttyvät. On tärkeää, että tilaan saadaan sen käyttötarkoitukseen sopiva akustiikka ja äänen käyttäytyminen. Liika kaiunta on estettävä, mikäli tilan käyttötarkoitus sen vaatii. Osa Alavuden mitattavista tiloista on vanhoja kohteita, kuten koulujen liikuntatilat. Kaikissa tiloissa pitää noudattaa standardien määrittämiä enimmäisarvoja ja miettiä toimenpiteitä, jos mittauksessa jälkikaiunta-ajan arvo ylittää standardin määrittämän enimmäisarvon. Vanhoissa tiloissa ne ylittyvät helpommin, koska silloin suunnittelukriteerit eivät olleet niin tarkkoja ja akustiikkaan ei kiinnitetty niin paljon huomiota. (RIL 243-1-2007 2007, 17.)

Standardissa SFS 5907 jälkikaiunta-ajat on jaettu luokkiin A, B, C ja D, joista luokka D on heikoin ja luokka A on tarkin. Suomen rakentamismääräyskokoelman C1 mukaan luokka C on uusien rakennusten vähimmäisvaatimus, joten luokka D koskee vain jo rakennettuja vanhoja rakennuksia. Luokassa D akustiset olosuhteet ovat tyydyttävät ja ääneneristysmääräyksissä ei ollut suuntaa antavia lukuarvoja. (SFS 5907 2004, 2.) Suomen rakentamismääräyskokoelmassa C1 sen sijaan on annettu ohjeellisia enimmäisarvoja neljään tilaan (RakMK C1 1998, 6). SFS 5907 ja Suomen rakentamismääräyskokoelman C1 jälkikaiunta-ajan vaatimukset on esitetty taulukoissa 1 ja 2.

Taulukko 1. SFS 5907:n enimmäisarvot jälkikaiunta-ajalle.

| Kohde | Tila | Luokka A | Luokka B | Luokka C | Luokka D |
|------------------------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Vanhusten palvelutalot | Liikunta- ja musiikkitila | 0,6 | 0,8 | 1,0 | |
| Toimistot | Ruokala | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| Koulut | Liikuntatila, korkeus yli 5m | 1,3 | 1,3 | 1,9 | |
| Koulut | Auditorio | 0,6...0,8 | 0,6...0,8 | 0,6...0,9 | |
| Päiväkodit | Leikki- tai lepo huone | 0,5 | 0,5 | 0,6 | |

Taulukko 2. RakMK C1:n enimmäisarvot jälkikaiunta-ajalle.

| Tila | Jälkikaiunta-aika (s) |
|---------------------------|-----------------------|
| Ruokala | 1,0...1,3 |
| Luokkahuone tai vastaava | 0,6...0,9 |
| Voimistelu- ja uimahalli | 1,5...2,0 |
| Päiväkotien leikkihuoneet | 0,6 |

3 JÄLKIKAIUUNTA-AJAN MERKITYS TERVEYTEEN JA TURVALLISUUTEEN

Melu on häiritsevä ääni, jota ihminen ei halua kuulla syystä tai toisesta. Se häiritsee keskittymiskykyä töissä, mielialaa kotona, jos naapuri metelöi liikaa eikä persoonallisesti muutenkaan miellytä ihmistä tai kuuloaistia, jos ei ole varautunut kovaääniseen rock-konserttiin kuulosuojainten kanssa. Kaikki riippuu siitä, kokeeko ihminen melun häiritsevänä jossain tilanteessa vai ei. (RIL 243-1-2007 2007, 10.)

Ihminen kokee kaiun yleensä häiritsevänä, koska ei saa puheesta selvää äänen puuroutuessa liikaa. Kaiunta vaikuttaa hyvinvointia lisääviin tekijöihin, kuten yleiseen keskittymiseen, viihtyvyyteen, työterveyteen, ilmapiiriin ja työssä jaksamiseen vaikuttaen näin terveyteen tai turvallisuuteen. Siksi on tärkeää panostaa akustiseen suunnitteluun, jotta negatiivisilta terveysvaikutuksilta vältytään. Tässä neljä esimerkkitapausta: (RIL 243-1-2007 2007, 11.)

1. Päiväkodin henkilökunta joutuu korottamaan ääntään, koska lasten kimeä ääni kaikuu leikkihuoneessa huomattavasti. Tästä voi pahimmassa tapauksessa seurata ongelmia puheäänen muodostuksen kanssa sekä sairauslomia herkkä-äänisille. (RIL 243-1-2007 2007, 10.)
2. Kaikuvassa liikuntasalissa joukkuepelaajat ja yleisö huutavat kovaan ääneen adrenaliinin noustessa ja pelin edetessä. Liian kaikuvassa tilassa tästä saattaa pitkällä aikavälillä seurata kuulovaurioita. Jotkut saattavat kokea melun myös häiritsevänä tai ärsyttävänä vaikuttaen näin negatiivisesti mielialaan.
3. Kaikuvassa liikuntasalissa pelaajat eivät kykene erottamaan valmentajaa ja tuomarin komentoja, jolloin saattaa syntyä tarpeettomia törmäysvaaroja (RIL 243-2-2007 2007, 55).

4. Neuvotteluhuoneessa käydään kahdenkeskeistä keskustelua, joka on pidettävä salassa. Jos huoneen äänieristys on niin huono, että vieressä olevat asiakkaat kuulevat sen, on kyseessä turvallisuuteen liittyvä haittavaikutus. (RIL 243-1-2007 2007, 9.)

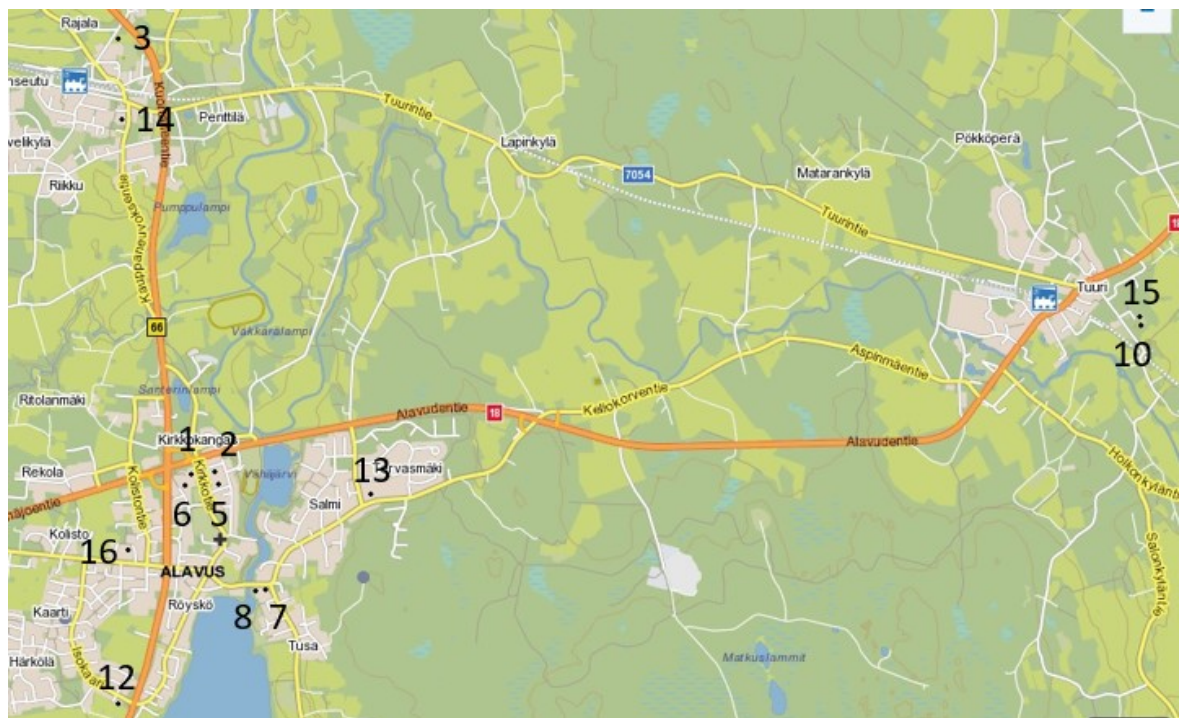
Esimerkeissä esitetyistä ei-toivotuista haittavaikutuksista kuulovaurio ja äänihäiriö tulevat ensimmäisenä esiin. Ne ovat terveyshaittoja, jotka syntyvät tilan huonosta akustiikasta ja liiasta kaiunnasta. Pitkällä aikavälillä nämä terveysvaikutukset aiheuttavat pysyviä kuulovaurioita, sairauslomia ja näin taloudellisia menetyksiä. (RIL 243-1-2007 2007, 10.)

Taloudellisia kustannuksia syntyy puutteellisesta akustiikan suunnittelusta, ja nämä huomataan yleensä jälkikäteen. Syitä voi olla monia, miksi näin on käynyt, mutta piittaamattomuus, kiire ja ajatus siitä, ettei akustiikan suunnitteluun tarvitse kiinnittää huomiota, tulee lopulta kuitenkin esiin. Esimerkiksi perheen muuttaessa uuteen vuokra-asuntoon huomataan, että naapurin puheääni kuuluu seinän läpi. Tämä puheääni mielletään häiritseväksi ääneksi ja häiritsee näin perheen arkea, mikä olisi pitänyt ottaa huomioon suunnittelu- ja toteutusvaiheessa määräysten mukaisesti. Kustannuksia koostuu korjaustoiminpiteistä, uudelleen suunnittelusta ja mittauksista, joita täytyy tehdä puutteellisen rakentamisen jälkeen. Asuinrakennuksiin kohdistuvat ääneneristysvaatimukset Pohjoismaissa, kuten Suomessa, ovat vaativammat, jos vertaa Etelä-Eurooppaan. (RIL 243-1-2007 2007, 13 - 14.)

4 JÄLKIKAIUNTA-AIKOJEN MITTAUS

4.1 Kohteet

Alavudella oli kaiken kaikkiaan 16 mittauskohdetta. Kohteiden sijainnit on merkitty karttaan kuvioissa 5, 6 ja 7. Suurin osa mittauksista tehtiin Alavuden keskustassa. Muut kohteet sijaitsivat Alavuden asemalla, Tuurissa, Töysässä ja Sämskiniemellä. Mittaukset suoritettiin kahden viikon aikana, jonka jälkeen aloitettiin dokumentointi. Taulukossa 3 on esitetty kohteiden nimet.



Kuvio 5. Kohteiden sijainnit kartalla (Fonecta, [viitattu 10.1.2018]).



Kuvio 6. Kohteiden sijainnit kartalla (Fonecta, [viitattu 10.1.2018]).



Kuvio 7. Kohteiden sijainnit kartalla (Fonecta, [viitattu 10.1.2018]).

Taulukko 3. Kohteiden nimet.

| | | | |
|----|----------------------|-----|--------------------------|
| 1. | Alavuden lukio | 9. | Päiväkoti Pikku-livari |
| 2. | Alavuden yläkoulu | 10. | Päiväkoti Pikku-Trimmi |
| 3. | Aseman koulu | 11. | Päiväkoti Sydänkäpy |
| 4. | livarin koulu | 12. | Päiväkoti Tenavatalo |
| 5. | Kirkkomännikön koulu | 13. | Päiväkoti Tervanalle |
| 6. | Kunto-Lutra | 14. | Päiväkoti Veturiville |
| 7. | Päiväkoti Huvikumpu | 15. | Tuurin koulu |
| 8. | Päiväkoti Kekkula | 16. | Vanhainkoti Lukkarinhovi |

4.2 Tilat

Jälkikaiunta-ajan mittauksia tehtiin erityyppisissä tiloissa. Tiloina toimivat päiväkotien leikkihuoneet ja yksi lepohuone, koulujen ja yhden vanhainkodin liikuntatilat, auditorio sekä päiväkodin ruokala. Tilat ovat olleet kalustettuina ja tyhjillään ihmisistä mittauksien aikana. Tilojen mittaukset tehtiin joulun jälkeen 2017, jolloin ihmiset olivat lomalla ja tilat olivat vapaina mitattaviksi. Tämä helpotti mittauksen tekemistä huomattavasti, koska mittauksen ajankohdan sopiminen olisi ollut haastavaa tilojen ollessa arkena käytössä. Tilojen sallitut enimmäisarvot jälkikaiunta-ajalle on esitetty taulukoissa 1 ja 2. Mitattavat tilat on esitetty liitteessä 17.

4.3 Mittauslaitteet

Mittauslaitteina toimivat Seinäjoen ammattikorkeakoulun rakennuslaboratorion mittauslaitteet, jotka esiintyvät kuvissa 1, 2 ja 3. Jälkikaiunta-aikojen mittauksessa käytettiin seuraavia laitteita:

- tietokone Fujitsu Stylistic® LT P-600F
- mikrofoni Preamplifier 1/2" low level PRE12H 7 pin
- vahvistin M700 Power amplifier 600W
- kaiutin DO12: Dodecaedric loudspeaker
- Harmonie-yksikkö

- mikrofonin kalibrointilaite Calibrator CAL01, type 1, 74-94-114dB, 1000 Hz
- tukijalat kaiuttimelle ja mikrofonille
- kuulosuojaimet, jatkokela ja muut johdot.

Laitteiston kokoaminen vei aikaa 5 - 10 minuuttia riippuen mitattavasta tilasta. Mitauskaluston määrästä johtuen työn fyysisesti rankin osuus oli kaluston kantaminen tilaan. Laitteita käytettäessä ei ilmaantunut ongelmia ja kaikki toimi niin kuin pitikin.



Kuva 1. Kaiutin DO12 säädettävällä tukijalalla.



Kuva 2. Mittauslaitteisto.



Kuva 3. Mikrofoni PRE12H säädettävällä tukijalalla.

4.4 Jälkikaiunta-ajan mittaus dBati32-ohjelmalla

Mittaustapahtumassa mittauslaitteisto siirretään mitattavaan huonetilaan. Laitteet asennetaan paikoilleen ja varmistetaan, että tilan ovet ja ikkunat ovat kiinni, etteivät mittauksien tulokset tästä syystä vääristy. Näiden toimenpiteiden jälkeen voidaan aloittaa mittaus.

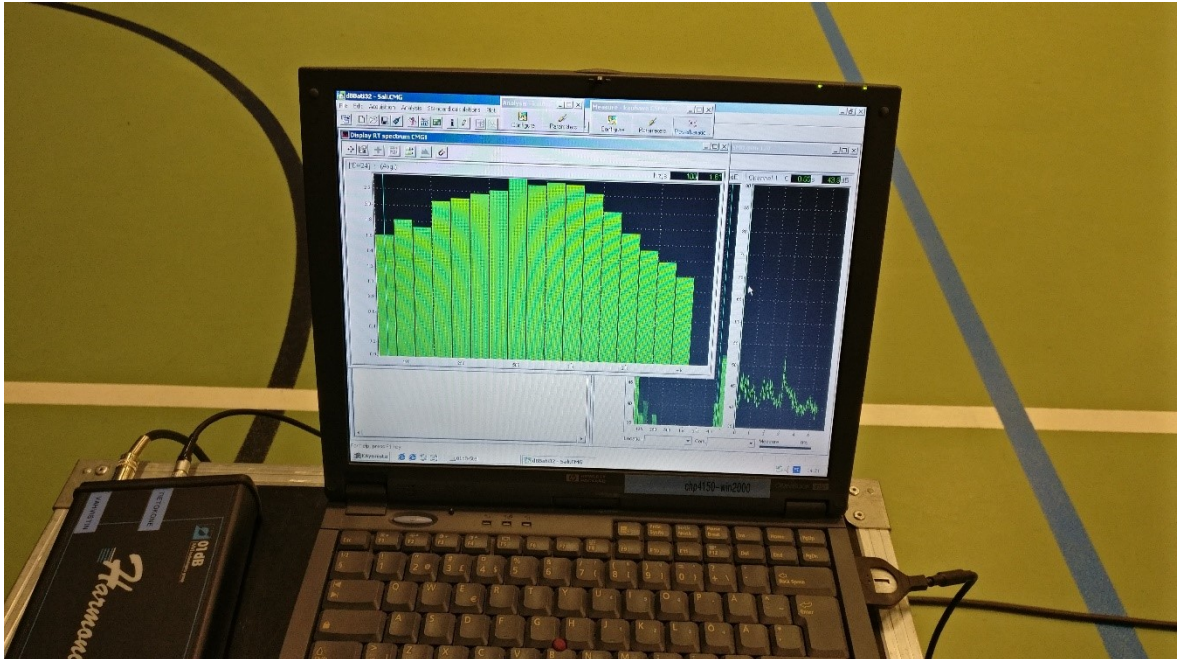
Kun äänenmittauslaitteisto on asennettu käyttökuntoon, mikrofoni kalibroidaan aina ennen mittauksia siihen tarkoitettulla laitteella. Mittaukseen käytetään dBati32-ohjelmaa, jolla mitataan muun muassa jälkikaiunta-aikaa. Se määritetään yleensä ilmaääneneristysluvun ja askeläänitasoluvun mittausten yhteydessä, mutta tässä työssä mitataan vain jälkikaiunta-aikaa.

Jälkikaiunta-aika mitataan tilaan toistettavalla kohinaäänellä, joka katkaistaan äkillisesti. Jälkikaiunta-aika luetaan äänenvaimennuskäyrältä, jonka mittalaite piirtää, kun äänitaso laskee huoneessa. Äänenvaimennuskäyrän tulos on esitetty kuvassa 4. Kohinaa tuottava kaiutin tulee olla 1,5 metrin korkeudella lattian pinnasta ja se tulisi asettaa luonnolliseen kohtaan tilassa, jossa ääntä yleensä tuotetaan. Näin se vastaa äänen syntymistä ihmisen luonnollisella äänen korkeudella. Äänenlähteelle on käytettävä kahta sijaintia tilassa. (SFS-EN ISO 3382-1, 5.)

Kohinan toiston voimakkuus riippuu taustaäänien voimakkuudesta. Taustalla voi kuulua esimerkiksi huomattava LVI-laitteen taustamelu ja tällöin kohinan voimakkuutta on suurennettava. Kohinaäänien voimakkuus asetetaan sen mukaan, että saadaan tarvittavan suuri äänenpainetaso lasku. Tilojen jälkikaiunta-aikojen enimmäisarvot ovat taulukoissa 1 ja 2.

Mikrofonin avulla mitataan äänilähteestä lähtevä ääni eri taajuuksilla, joiden tulokset ohjelma tallentaa diagrammin muotoon tarkasteltaviksi. Taajuudet, jotka tässä työssä mitataan ovat: 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150 ja 4000. Jälkikaiunta-aika koostuu tuloksista luettuna 500 ja 1000 hertsin keskiarvosta (SFS-EN ISO 3382-1, 10). Mikrofonin korkeus tulee olla 1,2 metriä tiloissa, jotka on suunniteltu musiikin ja puheen kuuntelemiselle. Näin se vastaa keskimäärin ihmisen korvan korkeutta istuttaessa. Mikrofonin tulee olla

vähintään yhden metrin päässä mistä tahansa heijastavasta pinnasta, seinästä, tuolistä tai pöydästä. (SFS-EN ISO 3382-1, 5.)



Kuva 4. Mittauksen jälkeiset tulokset näytöllä.

Mittauksessa valitaan tilasta riippuen kaiuttimelle ja mikrofonille sopivat asemapistet. Mittaustulosten luotettavuuden takia kaiutin ja mikrofoni eivät saa olla liian lähellä toisiaan. Kaiutin tarvitsee kaksi asemapistettä ja mikrofoni pienemmissä tiloissa kuusi, isommissa tiloissa kahdeksan asemapistettä. Jälkikaiunta-aikaa mitattaessa jokaisen otoksen välissä siirretään joko kaiutinta tai mikrofontia. Mikrofonti mittaa kaikista asemapistteistä tarpeelliset taajuudet ja muodostaa näin mittauksista keskiarvon, joka luetaan äänenvaimennuskäyrältä. Mittauksen loputtua tulokset tallennetaan ja raportoidaan.

Ensimmäiset mittaukset kestivät noin 1 - 2 tuntia mittausta kohden. Parin mittauksen jälkeen, kun mittaustapahtuman alkoi sisäistämään, yhden tilan mittauksen sai tehtyä noin 30 - 60 minuutissa. Suurin osa ajasta kului äänenmittauslaitteiston siirtämiseen, kokoamiseen ja purkamiseen. Jälkikaiunta-ajan mittaus dBati32-ohjelmalla vei aikaa noin 5 - 10 minuuttia.

4.5 Tulokset

Mittausten jälkeen saatiin selville, että tietyt kohteet ylittivät jälkikaiunta-ajan sallitut enimmäisarvot. Tuloksia on tulkittu suurempaa enimmäisarvoa käyttäen. Esimerkiksi Tuurin koulun mittauksen tulos on 2,22 sekuntia. Standardin SFS 5907 mukaan suurin sallittu enimmäisarvo on 1,9 sekuntia, kun Suomen rakentamismääräyskoelmassa suurin sallittu enimmäisarvo on 2,0 sekuntia. Tässä mittauksessa enimmäisarvona on käytetty 2,0 sekuntia ja kohteen mittaustulos ylitti sen.

Kohteissa liiallisen jälkikaiunta-ajan huomasi käsiään taputtamalla ja kuuntelemalla, mutta jälkikaiunta-ajan mittaus antaa objektiivisen tuloksen. Alavuden 16 mittauskohteesta ja yhteensä 20 mitattavasta tilasta neljä tilaa ylitti sallitut enimmäisarvot. Näihin tiloihin on suositeltavaa miettiä korjaustoimenpiteitä. Etenkin liikuntatiloissa koululaisten kuulo on koetuksella joukkuepeleissä, jos tilassa kaikuu niin, että se on haitaksi pelaajien kuulolle. Näiden neljän tilan ongelmat johtuivat nimenomaan liiasta kaiusta. Mitattujen jälkikaiunta-aikojen tulokset ovat liitteessä 17 ja enimmäisarvon ylittävät tulokset on merkitty punaisella värillä.

5 KORJausehdotukset

5.1 Materiaalit ja käyttötarkoitus

Vaimentavia materiaaleja ovat huokoiset vaimentimet ja resonanssivaimentimet.

1. Huokoiset vaimentimet

Huokoisten materiaalien (mineraalivilla, paksut tekstiilit) kyky absorboida ääntä pohjautuu kitkan synnyttämiin lämpöhäviöihin kuiturakenteissa, jotka ovat tiiviitä (RIL 243-1-2007 2007, 149). Siihen, miten helposti taajuuksia voidaan äänenvaimennusominaisuuksilla käsitellä, vaikuttaa materiaalin paksuus. Esimerkiksi kivivilla on materiaalina erittäin hyvä huokoinen vaimennin. Korkeisiin yli 500 hertsin taajuuksien äänen eristämiseen tarvitaan ohuempia levyjä kuin matalien alle 500 hertsin taajuuksien. Lisäksi matalien taajuuksien äänen eristämiseen voidaan käyttää ilmapäällyä, joka tehdään akustisen katon tai seinärakennemuksen taakse. 30 - 50 millimetrin paksuinen kivivilla riittää yli 500 hertsin taajuuksiin. Tätä matalampia taajuuksia pienentäessä on käytettävä paksumpia kivivillalevyjä. (Paroc, [viitattu 11.1.2018].)

2. Resonanssivaimentimet

Resonanssivaimentimissa absorption huippu syntyy resonanssitaajuudella. Käyttämällä materiaalina levyresonaattoreita saadaan absorboitua alhaisia taajuuksia, kun taas korkeita taajuuksia ne heijastavat (RIL 243-1-2007 2007, 152). Levyresonaattori on kiinteä levy, esimerkiksi rakennuslevy, jonka takana on ilmatiivis tila. Epätasaisilla pinnoilla, kuten resonaattorilevyjen rei'ityksillä ja urituksilla saadaan rikottua ääntä ja pienennettyä jälkikaiunta-aikaa. (Paroc, [viitattu 12.1.2018].)

Erillisiin vaimentimiin luetaan tuolit, pöydät ja ihmiset. Kaikki ylimääräiset esineet vaikuttavat kaikuun. Korjausehdotuksissa kaikua vaimennetaan lisäämällä absorptiomateriaalien määrää, esimerkiksi kivivillaa. Sillä pystytään vähentämään jälkikaiunta-aikaa ja kivivillaa lisätään yleensä tarpeen mukaan seiniin tai kattoon tarvittaviin kohtiin. Kun äänialto pääsee kivivillan lävitse, äänienergia muuttuu kitkan johdosta lämmöksi.

Jälkikaiunta-ajan pituuteen yksi merkittävä tekijä on lattiamateriaali. Liikuntatiloissa lattia on pinta-alaltaan suuri ja vaikuttaa paljon äänen heijastumiseen. Kaikissa neljässä korjausehdotuksen kohteessa on jo pehmeä lattiamateriaali, joten niille ei ole tarvetta tehdä mitään. Monissa vanhoissa liikuntatiloissa esiintyy lattiamateriaalina lakattu parketti. Niissä ääni heijastuu kovan ja tiiviin pinnan seurauksena enemmän. (RIL 243-1-2007 2007, 149.)

5.2 Ehdotukset kohteittain

Alavuden kohteet, joissa jälkikaiunta-ajan mittauksen keskiarvo ylittää standardien määrittämän enimmäisarvon, on tehty tilakohtaiset korjausehdotukset (kuvat 5 - 9). Esitetyt toimenpiteet on merkitty kuviin punaisella väreillä.

5.2.1 Päiväkoti Tervanalle

Päiväkoti Tervanallen leikkihuoneessa jälkikaiunta-ajaksi saatiin 0,73 sekuntia. Sallittu enimmäisarvo on 0,6 sekuntia.

Jälkikaiunta-aikaa saa pienennettyä lisäämällä akustiikkalevyjä (materiaalina kivivilalevy) seinien yläosiin. Akustiikkalevyjen paksuus tulee olla 30 - 50 millimetriä, koska yli 500 hertsin taajuuksia tulee ensisijaisesti alentaa (Paroc, [viitattu 13.1.2018]). Estetiikan kannalta akustiikkalevyt tulee olla suorassa rivissä. Lattiamateriaali on toimiva, joten sille ei tarvitse tehdä mitään. Näillä toimilla absorptiomateriaalista saadaan paras mahdollinen hyöty irti ja toimivin lopputulos. Korjausehdotuksen mukainen akustiikkalevyjen asettelu on myös esteettisesti toimiva vaihtoehto. Kuvassa 5 on havainnollistettu korjaustoimenpiteitä.



Kuva 5. Päiväkoti Tervanallen leikkihuone.

5.2.2 Tuurin koulu

Tuurin koulun liikuntatilassa jälkikaiunta-ajaksi saatiin 2,22 sekuntia. Sallittu enimmäisarvo on 2,0 sekuntia.

Jälkikaiunta-aikaa saa pienennettyä lisäämällä akustiikkalevyjä (materiaalina kivivilalevy) seinien yläosiin, ikkunoiden väliin sekä päätyseiniin. Akustiikkalevyjen paksuus tulee olla yli 50 millimetriä, koska alle 500 hertsin taajuuksia tulee ensisijaisesti alentaa (Paroc, [viitattu 14.1.2018]). Päätyseinään akustiikkalevyjä tulee asentaa 2 - 3 riviä riippuen levyn korkeudesta ja siitä, kuinka monta riviä seinälle mahtuu. Levyjen kiinnitykseen on kiinnitettävä huomiota, koska liikuntatilassa levyt voivat irrota helposti esimerkiksi pallopelien yhteydessä, mikäli ne on heikosti kiinnitetty ja saavat osumia (RIL 243-2-2007 2007, 59). Lattiamateriaali on liikuntatilaan toimiva, joten sille ei tarvitse tehdä mitään. Näillä toimilla absorptiomateriaalista saadaan paras mahdollinen hyöty irti ja toimivin lopputulos. Korjausehdotuksen mukainen akustiikkalevyjen asettelu on myös esteettisesti toimiva vaihtoehto. Kuvassa 6 on havainnollistettu korjaustoimenpiteitä.



Kuva 6. Tuurin koulun liikuntatila.

5.2.3 Kirkkomännikön koulu

Kirkkomännikön koulun liikuntatilassa jälkikaiunta-ajaksi saatiin 2,46 sekuntia. Sal-
littu enimmäisarvo on 2,0 sekuntia.

Jälkikaiunta-aikaa saa pienennettyä lisäämällä akustiikkalevyjä (materiaalina kivivil-
lalevy) kattopalkkien sivuille molemmin puolin. Akustiikkalevyjen paksuus tulee olla
30 - 50 millimetriä, koska yli 500 hertsin taajuuksia tulee ensisijaisesti alentaa (Pa-
roc, [viitattu 15.1.2018]). Päätyseinissä akustiikkalevyjä pystyy lisäämään yhden ri-
vin, mutta koripallokorien yläosa tulee jättää tyhjäksi mahdollisten osumien välttä-
miseksi levyihin. Ikkunaseinän yläosiin ikkunoiden väliin tulee asentaa akustiikkale-
vyjen ryhmä mahdollisuuksien mukaan. Ikkunaseinää vastapäätä olevan seinän ylä-
osaan tulee asentaa rivi akustiikkalevyjä. Koripallokorin yläpuoli on syytä jättää tyh-
jäksi mahdollisten pallopelien osumien vuoksi. Tämän takia myös levyjen kiinnityk-
seen on kiinnitettävä erityisesti huomiota, koska ne voivat irrota helposti pallojen
osumien yhteydessä (RIL 243-2-2007 2007, 59). Seiniin tuleviin akustiikkalevyihin
on mahdollista asentaa levyverkko, joka estää pallopelien iskuja (RIL 243-2-2007
2007, 60). Lattiamateriaali on liikuntatilaan toimiva, joten sille ei tarvitse tehdä mi-
tään. Näillä toimilla absorptiomateriaalista saadaan paras mahdollinen hyöty irti ja

toimivin lopputulos. Korjausehdotuksen mukainen akustiikkalevyjen asettelu on myös esteettisesti toimiva vaihtoehto. Kuvassa 7 on havainnollistettu korjaustoimenpiteitä.



Kuva 7. Kirkkomännikön koulun liikuntatila.

5.2.4 Iivarin koulu

Iivarin koulun liikuntatilassa jälkikaiunta-ajaksi saatiin 2,35 sekuntia. Sallittu enimmäisarvo on 2,0 sekuntia.

Jälkikaiunta-aikaa saa pienennettyä lisäämällä akustiikkalevyjä (materiaalina kivivilalevy) seinien yläosiin pilareiden väliin, ikkunalinjan yläpuolelle. Akustiikkalevyjen paksuus tulee olla yli 50 millimetriä, koska alle 500 hertsin taajuuksia tulee ensisijaisesti alentaa (Paroc, [viitattu 16.1.2018]). Katsomossa seinän yläpuolelle tulee lisätä akustiikkalevyjä. Olisi suotavaa asentaa rivi akustiikkalevyjä oven yläpuolelle sellaiselle korkeudelle, ettei levyjä pystytä vahingoittamaan. Levyjen sijoittaminen ihmisten ulottumattomiin suojaa herkästi vahingoittuvia levyjä tahalliselta tai tahattomalta ilkivallalta. Levyjen kiinnitykseen on kiinnitettävä huomiota, koska liikuntatilassa levyt voivat irrota helposti esimerkiksi pallopelien yhteydessä, mikäli ne on

heikosti kiinnitetty ja saavat osumia (RIL 243-2-2007 2007, 59). Lattiamateriaali liikuntatilassa on toimiva, joten sille ei tarvitse tehdä mitään. Näillä toimilla absorptiomateriaalista saadaan paras mahdollinen hyöty irti ja toimivin lopputulos. Korjaus-ehdotuksen mukainen akustiikkalevyjen asettelu on myös esteettisesti toimiva vaihtoehto. Kuvassa 8 ja 9 on havainnollistettu korjaustoimenpiteitä.



Kuva 8. Iivarin koulun liikuntatila.



Kuva 9. Iivarin koulun liikuntatila.

6 YHTEENVETO

Tilan akustiikkaa suunniteltaessa ensimmäisenä pitää miettiä tilan käyttötarkoitusta. Jos kyseessä on liikuntatila, kaikua pitää vähentää absorptiomateriaaleilla. Jos kyseessä on konserttisali, ääntä pitää ohjata näyttämöltä yleisölle käyttämällä heijastavia pintoja, mutta kaikua ei saa olla liikaa. Jos kyseessä on pankin neuvotteluhuone, tila täytyy olla äänieristetty ja kaikua ei saa olla yhtään. Näin puheääni kuuluu selkeästi, kun kaikua ei ole ollenkaan, vaan se on estetty suunnitelmallisesti. Kaikki tämä pitää ottaa huomioon tilan suunnitteluvaiheessa, että päästään tilan käyttötarkoituksen vaatimaan toimivaan lopputulokseen.

Vanhoissa kohteissa jälkikaiunta-aikaan ei ole kiinnitetty niin paljon huomiota, koska materiaaleina ovat toimineet enemmän kovat pinnat ja absorptiomateriaalin oikeaoppinen käyttö ei ole ollut niin paljon esillä kuin tänä päivänä. Esimerkiksi vanhojen koulujen liikuntatiloissa lattiamateriaalina on käytetty lakattua parkettia, joka aiheuttaa kaikua tilassa. Myöhemmin materiaalivalikoimaan on tullut parempia vaimentavia absorptiomateriaaleja, joilla vanhoja tiloja saadaan korjattua nykyisten standardien tasolle. Vaativat kohteet, missä ääntä tulee osata ohjata käyttötarkoituksen mukaisesti, tulee aina käyttää akustiikan suunnitteluun perehtyneitä ammattilaisia.

Tässä opinnäytetyössä mittaukset saatiin suoritettua ilman ongelmia ja tulosten pohjalta saatiin muodostettua pyydetyt raportit. Äänenmittauslaitteisto toimi hyvin ja mittausajankohdat saatiin sovittua helposti. Korjaustoimenpiteillä saadaan pienennettyä jälkikaiunta-aikaa ja esimerkiksi liikuntatilojen käyttömukavuutta, kun kaiunta laskee.

Opinnäytetyötä tehdessä opin paljon äänen käyttäytymisestä tiloissa ja jälkikaiunta-ajan akustisen suunnittelun merkityksestä esimerkiksi turvallisuuteen ja terveyteen liittyen. Absorptiomateriaalin paksuuden valinta ja sijoittelu on tärkeää jälkikaiunta-ajan pienentämisen kannalta, kun tarkastellaan mittauksessa saatuja taajuuksia. Mielenkiintoisena oppina pidin sitä, miten hyödyllistä on katon muodon vaikutus puheäänienohjaukseen ja äänen heijastuminen eri muotoisissa katoissa.

LÄHTEET

Ecophon. Ei päiväystä. Äänenpainetaso. [Verkkosivu]. Saint-Gobain Finland Oy. [Viitattu 3.1.2018]. Saatavana: http://www.ecophon.com/fi/akustiikkaratkaisut/akustiikan_tietopankki/Akustiikan-perusteet/Akustiikka-aani-puhe-ja-kuuleminen-/Aanenpaine-ja-desibelit/

Peltonen, Perkiö & Vierinen. Insinöörin (AMK) Fysiikka. 2004. Osa 2. Helsinki: Lahden Teho-Opetus Oy.

Fonecta. Ei päiväystä. Karttapalvelu. [Verkkosivu]. Helsinki: Fonecta. [Viitattu 6.2.2018].

Paroc. Ei päiväystä. Yleistä äänestä. [Verkkosivu]. Helsinki: Paroc Group Oyj. [Viitattu 1.1.2018]. Saatavissa: <http://www.paroc.fi/knowhow/aani/yleista-aanesta>

Paroc. Ei päiväystä. Äänenvaimennus. [Verkkosivu]. Helsinki: Paroc Group Oyj. [Viitattu 13.1.2018]. Saatavissa: <http://www.paroc.fi/knowhow/aani/aanen-vaimennus>

RakMK C1. 1998. Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. Helsinki: Ympäristöministeriö.

RIL 243-1-2007. 2007. Rakennusten akustinen suunnittelu. Akustiikan perusteet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 243-2-2007. 2007. Rakennusten akustinen suunnittelu. Oppilaitokset, auditoriot, liikuntatilat ja kirjastot. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

SFS 5907. 2004. Rakennusten akustinen luokitus. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 3382-1. 2009. Acoustics. Measurement of room acoustic parameters. Part 1: Performance spaces. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SeAmk. Ei päiväystä. Rakennusten äänimittaukset. Esite.

LIITTEET

Liite 1. Alavuden lukio

Liite 2. Alavuden yläkoulu

Liite 3. Aseman koulu

Liite 4. Iivarin koulu

Liite 5. Kirkkomännikön koulu

Liite 6. Kunto-Lutra

Liite 7. Päiväkoti Huvikumpu

Liite 8. Päiväkoti Kekkula

Liite 9. Päiväkoti Pikku-Iivari

Liite 10. Päiväkoti Pikku-Trimmi

Liite 11. Päiväkoti Sydänkäpy

Liite 12. Päiväkoti Tenavatalo

Liite 13. Päiväkoti Tervanalle

Liite 14. Päiväkoti Veturiville

Liite 15. Tuurin koulu

Liite 16. Vanhainkoti Lukkarinhovi

Liite 17. Mittaukset

Liite 1. Alavuden lukio

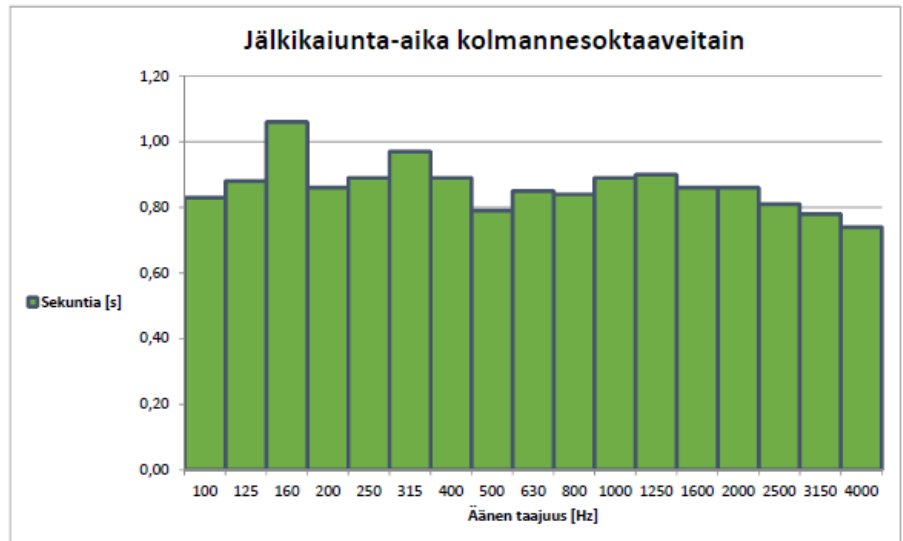
Jälkikaiunta-aika

Mittaus 29.12.2017

Mittaja: Riku Poikkijoki

Tila: Auditorio

| Hz | Sekuntia [s] |
|------|--------------|
| 100 | 0,83 |
| 125 | 0,88 |
| 160 | 1,06 |
| 200 | 0,86 |
| 250 | 0,89 |
| 315 | 0,97 |
| 400 | 0,89 |
| 500 | 0,79 |
| 630 | 0,85 |
| 800 | 0,84 |
| 1000 | 0,89 |
| 1250 | 0,90 |
| 1600 | 0,86 |
| 2000 | 0,86 |
| 2500 | 0,81 |
| 3150 | 0,78 |
| 4000 | 0,74 |



Jälkikaiunta-ajaksi valitaan ISO 3382-1 mukaan 500 Hz:n ja 1000 Hz:n mittauksien keskiarvo yhdellä numerolla ilmaistuna.

Tässä mittauksessa tulokseksi saatiin 0,84 s.

Kaiun suositusaika SFS 5907 mukaan koulujen auditorioihin tai suurin ryhmäopetustiloihin on 0,6-0,9 s.

RakMK C1 mukaan kaiun suositusaika on 0,6-0,9 s.



Liite 2. Alavuden yläkoulu

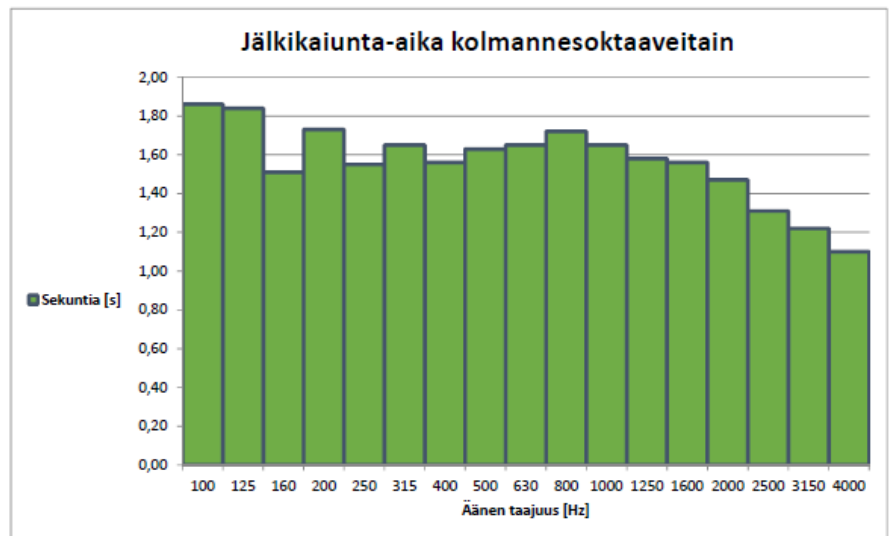
Jälkikaiunta-aika

Mittaus 29.12.2017

Mittaja: Riku Poikkijoki

Tila: Liikuntatila

| Hz | Sekuntia [s] |
|------|--------------|
| 100 | 1,86 |
| 125 | 1,84 |
| 160 | 1,51 |
| 200 | 1,73 |
| 250 | 1,55 |
| 315 | 1,65 |
| 400 | 1,56 |
| 500 | 1,63 |
| 630 | 1,65 |
| 800 | 1,72 |
| 1000 | 1,65 |
| 1250 | 1,58 |
| 1600 | 1,56 |
| 2000 | 1,47 |
| 2500 | 1,31 |
| 3150 | 1,22 |
| 4000 | 1,10 |



Jälkikaiunta-ajaksi valitaan ISO 3382-1 mukaan 500 Hz:n ja 1000 Hz:n mittauksien keskiarvo yhdellä numerolla ilmaistuna.

Tässä mittauksessa tulokseksi saatiin 1,64 s.

Kaiun suositusaika SFS 5907 mukaan koulujen liikuntatiloille on 1,3-1,9 s.

RakMK C1 mukaan kaiun suositusaika on 1,5-2,0 s.



Liite 3. Aseman koulu

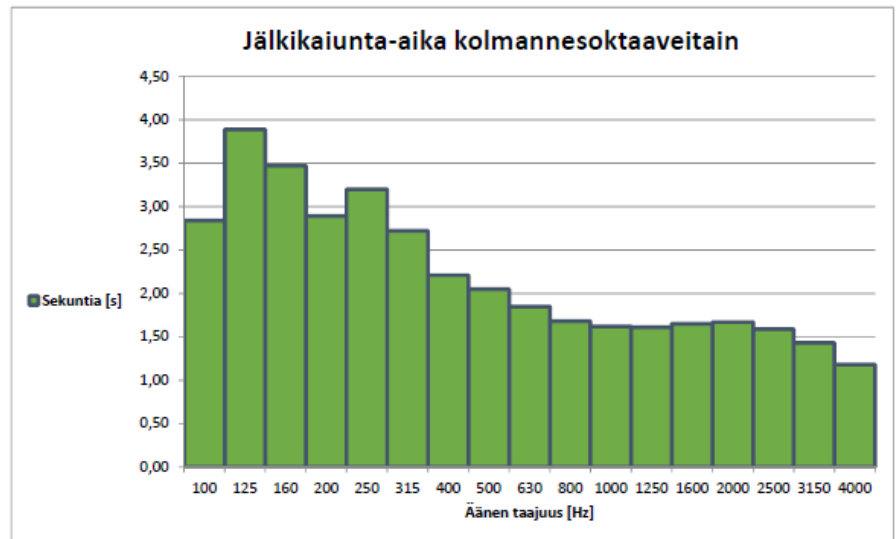
Jälkikaiunta-aika

Mittaus 2.1.2018

Mittaja: Riku Poikkijoki

Tila: Liikuntatila

| Hz | Sekuntia [s] |
|------|--------------|
| 100 | 2,84 |
| 125 | 3,89 |
| 160 | 3,47 |
| 200 | 2,89 |
| 250 | 3,20 |
| 315 | 2,72 |
| 400 | 2,21 |
| 500 | 2,05 |
| 630 | 1,85 |
| 800 | 1,68 |
| 1000 | 1,62 |
| 1250 | 1,61 |
| 1600 | 1,65 |
| 2000 | 1,67 |
| 2500 | 1,59 |
| 3150 | 1,43 |
| 4000 | 1,18 |



Jälkikaiunta-ajaksi valitaan ISO 3382-1 mukaan 500 Hz:n ja 1000 Hz:n mittauksien keskiarvo yhdellä numerolla ilmaistuna.

Tässä mittauksessa tulokseksi saatiin 1,84 s.

Kaiun suositusaika SFS 5907 mukaan koulujen liikuntatiloille on 1,3-1,9 s.

RakMK C1 mukaan kaiun suositusaika on 1,5-2,0 s.



Liite 4. Iivarin koulu

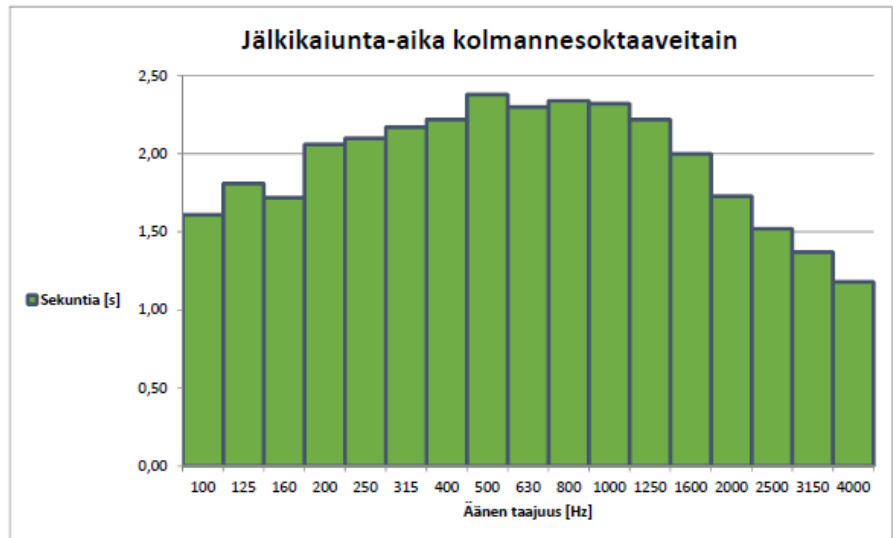
Jälkikaiunta-aika

Mittaus 3.1.2018

Mittaja: Riku Poikkijoki

Tila: Liikuntatila

| Hz | Sekuntia [s] |
|------|--------------|
| 100 | 1,61 |
| 125 | 1,81 |
| 160 | 1,72 |
| 200 | 2,06 |
| 250 | 2,10 |
| 315 | 2,17 |
| 400 | 2,22 |
| 500 | 2,38 |
| 630 | 2,30 |
| 800 | 2,34 |
| 1000 | 2,32 |
| 1250 | 2,22 |
| 1600 | 2,00 |
| 2000 | 1,73 |
| 2500 | 1,52 |
| 3150 | 1,37 |
| 4000 | 1,18 |



Jälkikaiunta-ajaksi valitaan ISO 3382-1 mukaan 500 Hz:n ja 1000 Hz:n mittauksien keskiarvo yhdellä numerolla ilmaistuna.

Tässä mittauksessa tulokseksi saatiin 2,35 s.

Kaiun suositusaika SFS 5907 mukaan koulujen liikuntatiloille on 1,3-1,9 s.

RakMK C1 mukaan kaiun suositusaika on 1,5-2,0 s.



Liite 5. Kirkkomännikön koulu

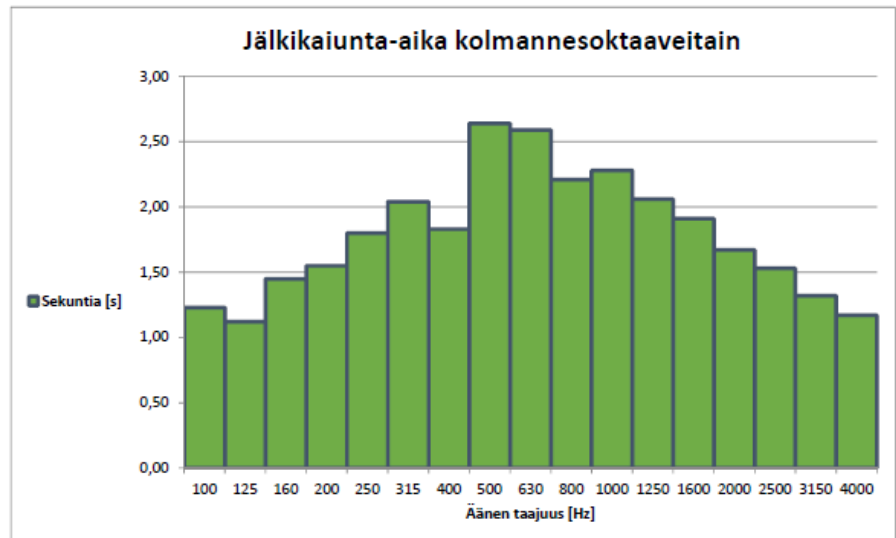
Jälkikaiunta-aika

Mittaus 29.12.2017

Mittaaja: Riku Poikkijoki

Tila: Liikuntatila

| Hz | Sekuntia [s] |
|------|--------------|
| 100 | 1,23 |
| 125 | 1,12 |
| 160 | 1,45 |
| 200 | 1,55 |
| 250 | 1,80 |
| 315 | 2,04 |
| 400 | 1,83 |
| 500 | 2,64 |
| 630 | 2,59 |
| 800 | 2,21 |
| 1000 | 2,28 |
| 1250 | 2,06 |
| 1600 | 1,91 |
| 2000 | 1,67 |
| 2500 | 1,53 |
| 3150 | 1,32 |
| 4000 | 1,17 |



Jälkikaiunta-ajaksi valitaan ISO 3382-1 mukaan 500 Hz:n ja 1000 Hz:n mittauksien keskiarvo yhdellä numerolla ilmaistuna.

Tässä mittauksessa tulokseksi saatiin 2,46 s.

Kaiun suositusaika SFS 5907 mukaan koulujen liikuntatiloille on 1,3-1,9 s.

RakMK C1 mukaan kaiun suositusaika on 1,5-2,0 s.



Liite 6. Kunto-Lutra

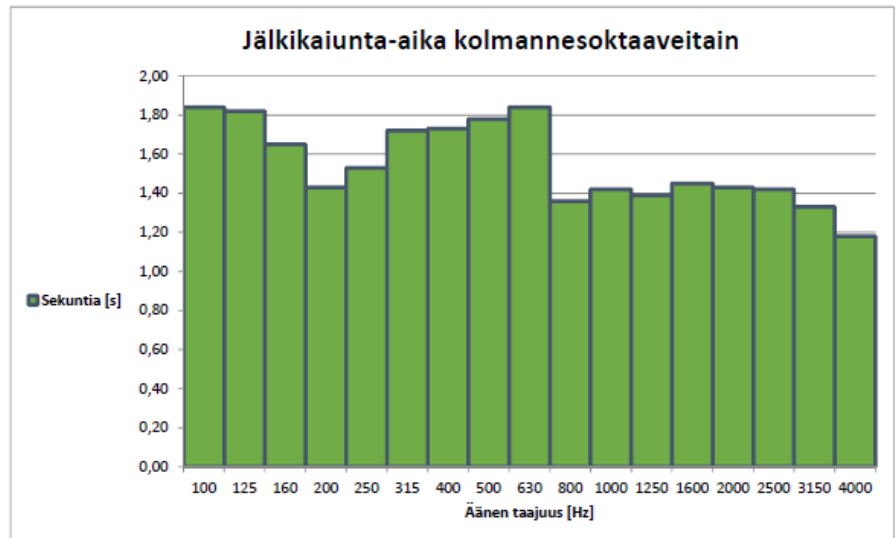
Jälkikaiunta-aika

Mittaus 2.1.2018

Mittaja: Riku Poikkijoki

Tila: Liikuntatila

| Hz | Sekuntia [s] |
|------|--------------|
| 100 | 1,84 |
| 125 | 1,82 |
| 160 | 1,65 |
| 200 | 1,43 |
| 250 | 1,53 |
| 315 | 1,72 |
| 400 | 1,73 |
| 500 | 1,78 |
| 630 | 1,84 |
| 800 | 1,36 |
| 1000 | 1,42 |
| 1250 | 1,39 |
| 1600 | 1,45 |
| 2000 | 1,43 |
| 2500 | 1,42 |
| 3150 | 1,33 |
| 4000 | 1,18 |



Jälkikaiunta-ajaksi valitaan ISO 3382-1 mukaan 500 Hz:n ja 1000 Hz:n mittauksien keskiarvo yhdellä numerolla ilmaistuna.

Tässä mittauksessa tulokseksi saatiin 1,60 s.

Kaiun suositusaika SFS 5907 mukaan liikuntatiloille on 1,3-1,9 s.

RakMK C1 mukaan kaiun suositusaika on 1,5-2,0 s.



Liite 7. Päiväkoti Huvikumpu

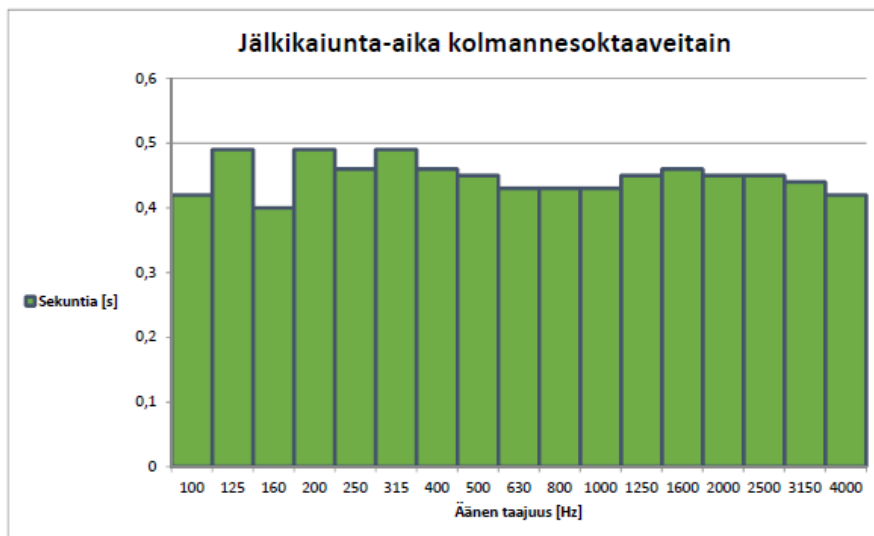
Jälkikaiunta-aika

Mittaus 27.12.2017

Mittaja: Riku Poikkijoki

Tila: Leikkihuone

| Hz | Sekuntia [s] |
|------|--------------|
| 100 | 0,42 |
| 125 | 0,49 |
| 160 | 0,40 |
| 200 | 0,49 |
| 250 | 0,46 |
| 315 | 0,49 |
| 400 | 0,46 |
| 500 | 0,45 |
| 630 | 0,43 |
| 800 | 0,43 |
| 1000 | 0,43 |
| 1250 | 0,45 |
| 1600 | 0,46 |
| 2000 | 0,45 |
| 2500 | 0,45 |
| 3150 | 0,44 |
| 4000 | 0,42 |



Jälkikaiunta-ajaksi valitaan ISO 3382-1 mukaan 500 Hz:n ja 1000 Hz:n mittauksien keskiarvo yhdellä numerolla ilmaistuna.

Tässä mittauksessa tulokseksi saatiin 0,44 s.

Kaiun suositusaika SFS 5907 mukaan päiväkotien leikkihuoneisiin on 0,5-0,6 s.

RakMK C1 mukaan kaiun suositusaika on 0,6 s.



Liite 8. Päiväkoti Kekkula

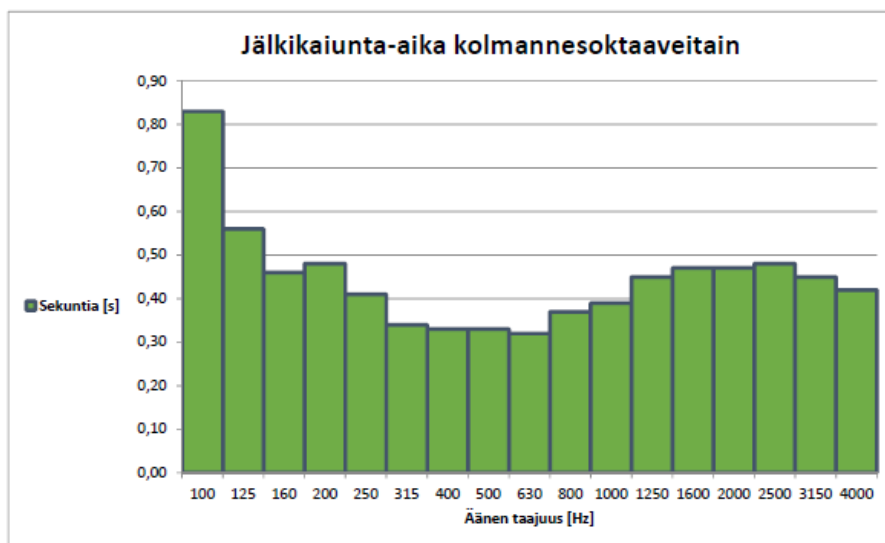
Jälkikaiunta-aika

Mittaus 29.12.2017

Mittaja: Riku Poikkijoki

Tila: Leikkihuone 1

| Hz | Sekuntia [s] |
|------|--------------|
| 100 | 0,83 |
| 125 | 0,56 |
| 160 | 0,46 |
| 200 | 0,48 |
| 250 | 0,41 |
| 315 | 0,34 |
| 400 | 0,33 |
| 500 | 0,33 |
| 630 | 0,32 |
| 800 | 0,37 |
| 1000 | 0,39 |
| 1250 | 0,45 |
| 1600 | 0,47 |
| 2000 | 0,47 |
| 2500 | 0,48 |
| 3150 | 0,45 |
| 4000 | 0,42 |



Jälkikaiunta-ajaksi valitaan ISO 3382-1 mukaan 500 Hz:n ja 1000 Hz:n mittauksien keskiarvo yhdellä numerolla ilmaistuna.

Tässä mittauksessa tulokseksi saatiin 0,36 s.

Kaiun suositusaika SFS 5907 mukaan päiväkotien leikkihuoneisiin on 0,5-0,6 s.

RakMK C1 mukaan kaiun suositusaika on 0,6 s.



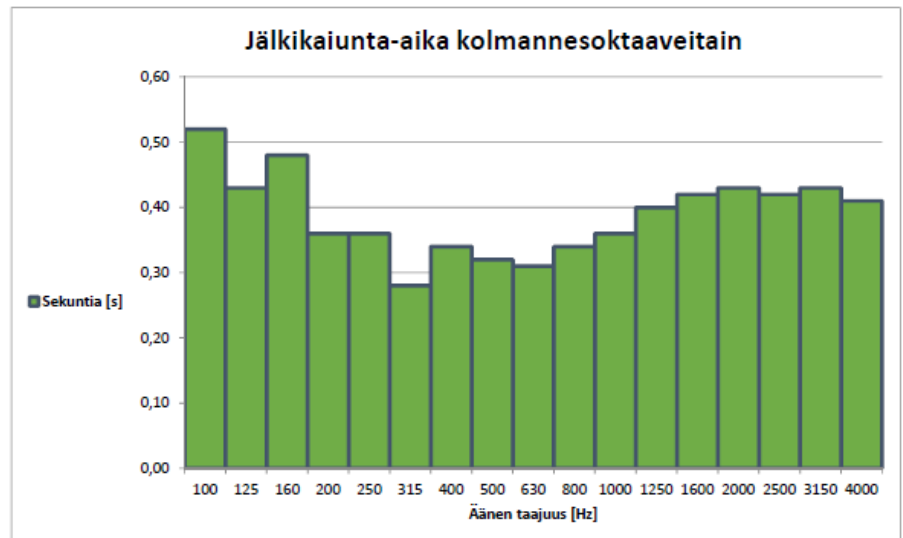
Jälkikaiunta-aika

Mittaus 29.12.2017

Mittaja: Riku Poikkijoki

Tila: Leikkihuone 2

| Hz | Sekuntia [s] |
|------|--------------|
| 100 | 0,52 |
| 125 | 0,43 |
| 160 | 0,48 |
| 200 | 0,36 |
| 250 | 0,36 |
| 315 | 0,28 |
| 400 | 0,34 |
| 500 | 0,32 |
| 630 | 0,31 |
| 800 | 0,34 |
| 1000 | 0,36 |
| 1250 | 0,40 |
| 1600 | 0,42 |
| 2000 | 0,43 |
| 2500 | 0,42 |
| 3150 | 0,43 |
| 4000 | 0,41 |



Jälkikaiunta-ajaksi valitaan ISO 3382-1 mukaan 500 Hz:n ja 1000 Hz:n mittauksien keskiarvo yhdellä numerolla ilmaistuna.

Tässä mittauksessa tulokseksi saatiin 0,34 s.

Kaiun suositusaika SFS 5907 mukaan päiväkotien leikkihuoneisiin on 0,5-0,6 s.

RakMK C1 mukaan kaiun suositusaika on 0,6 s.



Liite 9. Päiväkoti Pikku-livari

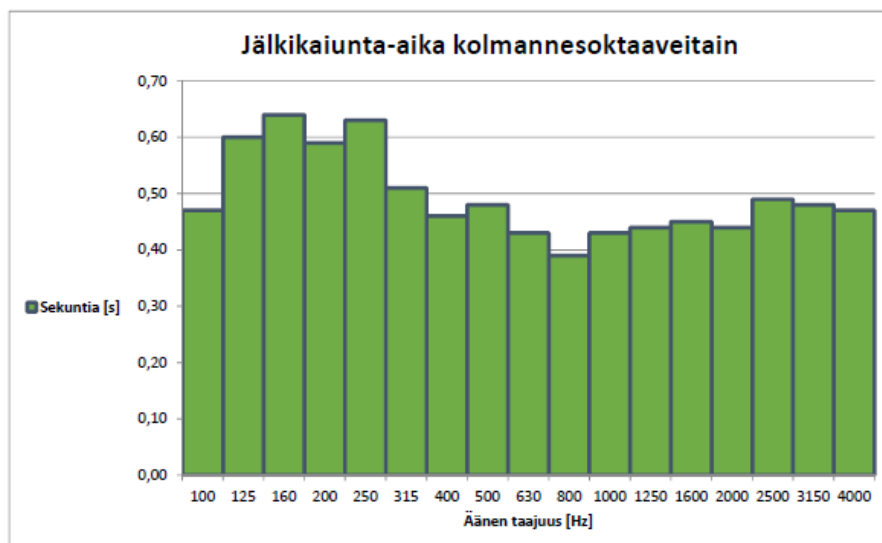
Jälkikaiunta-aika

Mittaus 3.1.2018

Mittaja: Riku Poikkijoki

Tila: Leikkihuone 1

| Hz | Sekuntia [s] |
|------|--------------|
| 100 | 0,47 |
| 125 | 0,60 |
| 160 | 0,64 |
| 200 | 0,59 |
| 250 | 0,63 |
| 315 | 0,51 |
| 400 | 0,46 |
| 500 | 0,48 |
| 630 | 0,43 |
| 800 | 0,39 |
| 1000 | 0,43 |
| 1250 | 0,44 |
| 1600 | 0,45 |
| 2000 | 0,44 |
| 2500 | 0,49 |
| 3150 | 0,48 |
| 4000 | 0,47 |



Jälkikaiunta-ajaksi valitaan ISO 3382-1 mukaan 500 Hz:n ja 1000 Hz:n mittauksien keskiarvo yhdellä numerolla ilmaistuna.

Tässä mittauksessa tulokseksi saatiin 0,46 s.

Kaiun suositusaika SFS 5907 mukaan päiväkotien leikkihuoneisiin on 0,5-0,6 s.

RakMK C1 mukaan kaiun suositusaika on 0,6 s.



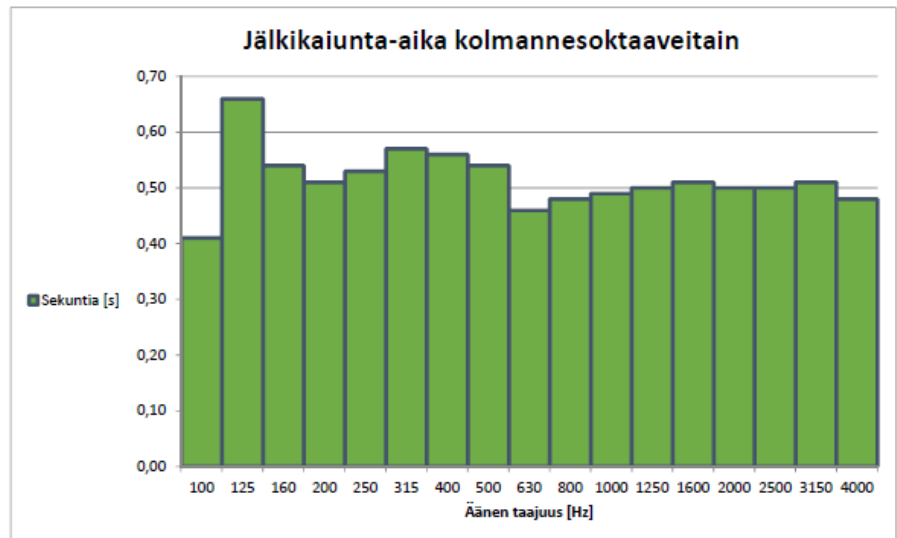
Jälkikaiunta-aika

Mittaus 3.1.2018

Mittaja: Riku Poikkijoki

Tila: Leikkihuone 2

| Hz | Sekuntia [s] |
|------|--------------|
| 100 | 0,41 |
| 125 | 0,66 |
| 160 | 0,54 |
| 200 | 0,51 |
| 250 | 0,53 |
| 315 | 0,57 |
| 400 | 0,56 |
| 500 | 0,54 |
| 630 | 0,46 |
| 800 | 0,48 |
| 1000 | 0,49 |
| 1250 | 0,50 |
| 1600 | 0,51 |
| 2000 | 0,50 |
| 2500 | 0,50 |
| 3150 | 0,51 |
| 4000 | 0,48 |



Jälkikaiunta-ajaksi valitaan ISO 3382-1 mukaan 500 Hz:n ja 1000 Hz:n mittauksien keskiarvo yhdellä numerolla ilmaistuna.

Tässä mittauksessa tulokseksi saatiin 0,52 s.

Kaiun suositusaika SFS 5907 mukaan päiväkotien leikkihuoneisiin on 0,5-0,6 s.

RakMK C1 mukaan kaiun suositusaika on 0,6 s.



Liite 10. Päiväkoti Pikku-Trimmi

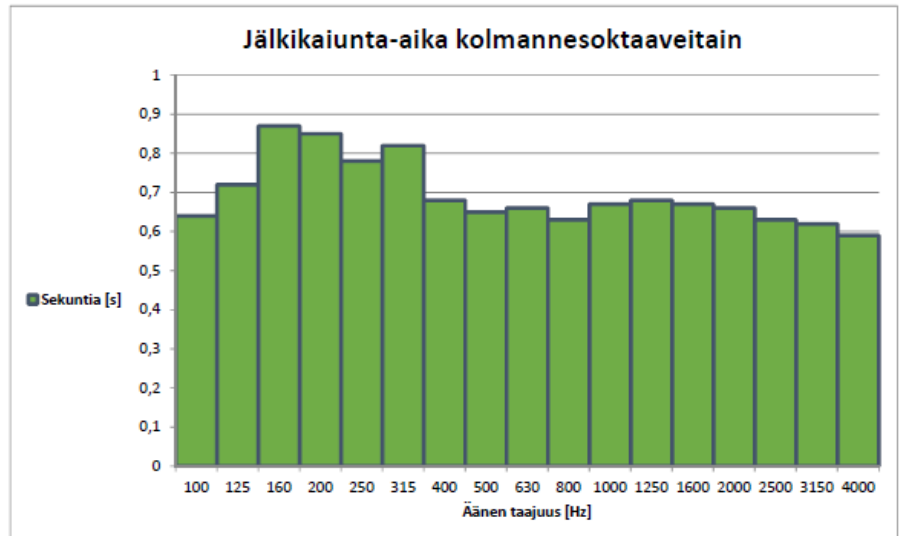
Jälkikaiunta-aika

Mittaus 28.12.2017

Mittaja: Riku Poikkijoki

Tila: Ruokasali

| Hz | Sekuntia [s] |
|------|--------------|
| 100 | 0,64 |
| 125 | 0,72 |
| 160 | 0,87 |
| 200 | 0,85 |
| 250 | 0,78 |
| 315 | 0,82 |
| 400 | 0,68 |
| 500 | 0,65 |
| 630 | 0,66 |
| 800 | 0,63 |
| 1000 | 0,67 |
| 1250 | 0,68 |
| 1600 | 0,67 |
| 2000 | 0,66 |
| 2500 | 0,63 |
| 3150 | 0,62 |
| 4000 | 0,59 |



Jälkikaiunta-ajaksi valitaan ISO 3382-1 mukaan 500 Hz:n ja 1000 Hz:n mittauksien keskiarvo yhdellä numerolla ilmaistuna.

Tässä mittauksessa tulokseksi saatiin 0,66 s.

Kaiun suositusaika SFS 5907 mukaan ruokasaleille on 0,7-1,0 s.

RakMK C1 mukaan kaiun suositusaika on 1,0-1,3 s.



Liite 11. Päiväkoti Sydänkäpy

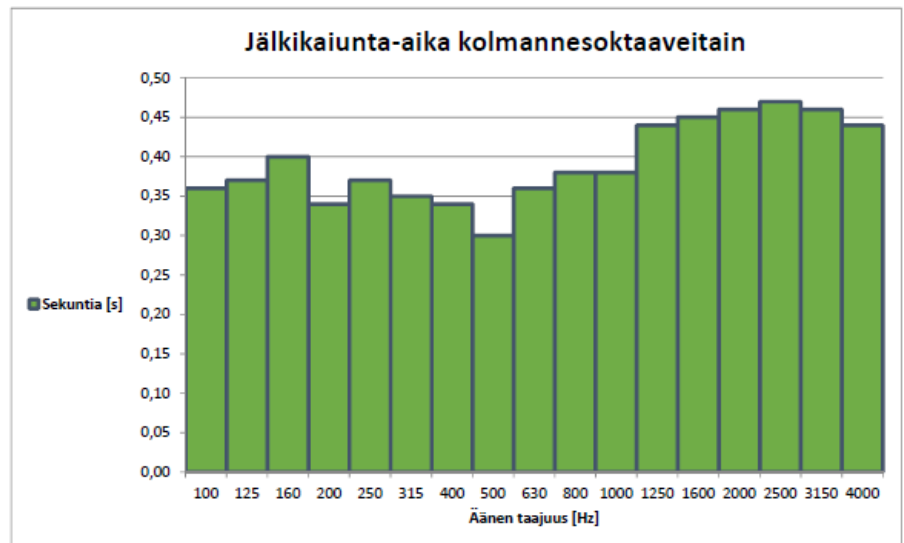
Jälkikaiunta-aika

Mittaus 2.1.2018

Mittaja: Riku Poikkijoki

Tila: Leikkihuone

| Hz | Sekuntia [s] |
|------|--------------|
| 100 | 0,36 |
| 125 | 0,37 |
| 160 | 0,40 |
| 200 | 0,34 |
| 250 | 0,37 |
| 315 | 0,35 |
| 400 | 0,34 |
| 500 | 0,30 |
| 630 | 0,36 |
| 800 | 0,38 |
| 1000 | 0,38 |
| 1250 | 0,44 |
| 1600 | 0,45 |
| 2000 | 0,46 |
| 2500 | 0,47 |
| 3150 | 0,46 |
| 4000 | 0,44 |



Jälkikaiunta-ajaksi valitaan ISO 3382-1 mukaan 500 Hz:n ja 1000 Hz:n mittauksien keskiarvo yhdellä numerolla ilmaistuna.

Tässä mittauksessa tulokseksi saatiin 0,34 s.

Kaiun suositusaika SFS 5907 mukaan päiväkotien leikkihuoneisiin on 0,5-0,6 s.

RakMK C1 mukaan kaiun suositusaika on 0,6 s.



Liite 12. Päiväkoti Tenavatalo

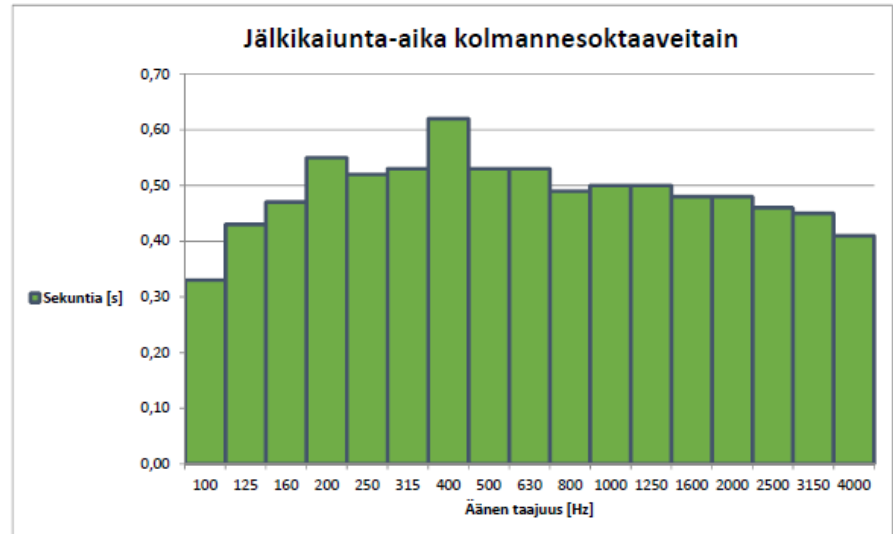
Jälkikaiunta-aika

Mittaus 27.12.2017

Mittaja: Riku Poikkijoki

Tila: Vekarat keittiö (leikkihuone)

| Hz | Sekuntia [s] |
|------|--------------|
| 100 | 0,33 |
| 125 | 0,43 |
| 160 | 0,47 |
| 200 | 0,55 |
| 250 | 0,52 |
| 315 | 0,53 |
| 400 | 0,62 |
| 500 | 0,53 |
| 630 | 0,53 |
| 800 | 0,49 |
| 1000 | 0,50 |
| 1250 | 0,50 |
| 1600 | 0,48 |
| 2000 | 0,48 |
| 2500 | 0,46 |
| 3150 | 0,45 |
| 4000 | 0,41 |



Jälkikaiunta-ajaksi valitaan ISO 3382-1 mukaan 500 Hz:n ja 1000 Hz:n mittauksien keskiarvo yhdellä numerolla ilmaistuna.

Tässä mittauksessa tulokseksi saatiin 0,52 s.

Kaiun suositusaika SFS 5907 mukaan päiväkotien leikkihuoneisiin on 0,5-0,6 s.

RakMK C1 mukaan kaiun suositusaika on 0,6 s.



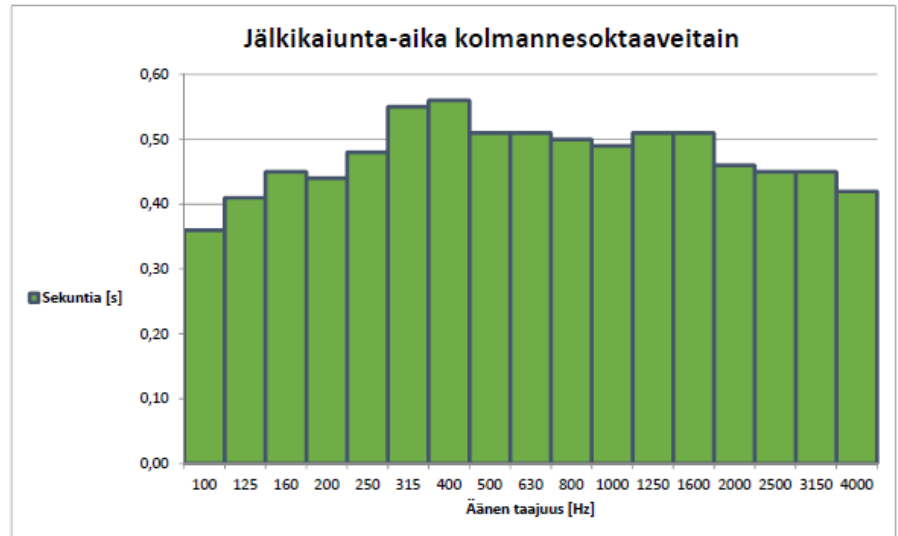
Jälkikaiunta-aika

Mittaus 27.12.2017

Mittaja: Riku Poikkijoki

Tila: Naperot keittiö+leikkihuone

| Hz | Sekuntia [s] |
|------|--------------|
| 100 | 0,36 |
| 125 | 0,41 |
| 160 | 0,45 |
| 200 | 0,44 |
| 250 | 0,48 |
| 315 | 0,55 |
| 400 | 0,56 |
| 500 | 0,51 |
| 630 | 0,51 |
| 800 | 0,50 |
| 1000 | 0,49 |
| 1250 | 0,51 |
| 1600 | 0,51 |
| 2000 | 0,46 |
| 2500 | 0,45 |
| 3150 | 0,45 |
| 4000 | 0,42 |



Jälkikaiunta-ajaksi valitaan ISO 3382-1 mukaan 500 Hz:n ja 1000 Hz:n mittauksien keskiarvo yhdellä numerolla ilmaistuna.

Tässä mittauksessa tulokseksi saatiin 0,50 s.

Kaiun suositusaika SFS 5907 mukaan päiväkotien leikkihuoneisiin on 0,5-0,6 s.

RakMK C1 mukaan kaiun suositusaika on 0,6 s.



Jälkikaiunta-aika

Mittaus 27.12.2017

Mittaja: Riku Poikkijoki

Tila: Naperot lepohuone

| Hz | Sekuntia [s] |
|------|--------------|
| 100 | 0,39 |
| 125 | 0,30 |
| 160 | 0,38 |
| 200 | 0,32 |
| 250 | 0,38 |
| 315 | 0,52 |
| 400 | 0,43 |
| 500 | 0,35 |
| 630 | 0,33 |
| 800 | 0,32 |
| 1000 | 0,37 |
| 1250 | 0,41 |
| 1600 | 0,44 |
| 2000 | 0,44 |
| 2500 | 0,43 |
| 3150 | 0,38 |
| 4000 | 0,37 |



Jälkikaiunta-ajaksi valitaan ISO 3382-1 mukaan 500 Hz:n ja 1000 Hz:n mittauksien keskiarvo yhdellä numerolla ilmaistuna.

Tässä mittauksessa tulokseksi saatiin 0,36 s.

Kaiun suositusaika SFS 5907 mukaan päiväkotien lepohuoneisiin on 0,5-0,6 s.

RakMK C1 mukaan kaiun suositusaika on 0,6 s.



Liite 13. Päiväkoti Tervanalle

Jälkikaiunta-aika

Mittaus 28.12.2017

Mittaja: Riku Poikkijoki

Tila: Leikkihuone

| Hz | Sekuntia [s] |
|------|--------------|
| 100 | 0,78 |
| 125 | 0,64 |
| 160 | 0,46 |
| 200 | 0,45 |
| 250 | 0,51 |
| 315 | 0,66 |
| 400 | 0,68 |
| 500 | 0,78 |
| 630 | 0,81 |
| 800 | 0,88 |
| 1000 | 0,87 |
| 1250 | 0,94 |
| 1600 | 1,02 |
| 2000 | 0,99 |
| 2500 | 0,98 |
| 3150 | 0,94 |
| 4000 | 0,79 |



Jälkikaiunta-ajaksi valitaan ISO 3382-1 mukaan 500 Hz:n ja 1000 Hz:n mittausten keskiarvo yhdellä numerolla ilmaistuna.

Tässä mittauksessa tulokseksi saatiin 0,83 s.

Kaiun suositusaika SFS 5907 mukaan päiväkotien leikkihuoneisiin on 0,5-0,6 s.

RakMK C1 mukaan kaiun suositusaika on 0,6 s.



Liite 14. Päiväkoti Veturiville

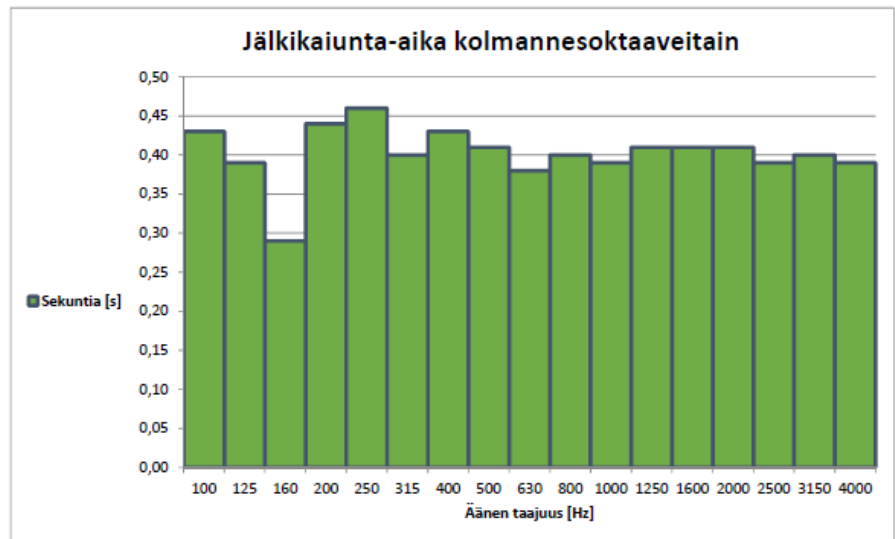
Jälkikaiunta-aika

Mittaus 28.12.2017

Mittaja: Riku Poikkijoki

Tila: Leikkihuone

| Hz | Sekuntia [s] |
|------|--------------|
| 100 | 0,43 |
| 125 | 0,39 |
| 160 | 0,29 |
| 200 | 0,44 |
| 250 | 0,46 |
| 315 | 0,40 |
| 400 | 0,43 |
| 500 | 0,41 |
| 630 | 0,38 |
| 800 | 0,40 |
| 1000 | 0,39 |
| 1250 | 0,41 |
| 1600 | 0,41 |
| 2000 | 0,41 |
| 2500 | 0,39 |
| 3150 | 0,40 |
| 4000 | 0,39 |



Jälkikaiunta-ajaksi valitaan ISO 3382-1 mukaan 500 Hz:n ja 1000 Hz:n mittauksien keskiarvo yhdellä numerolla ilmaistuna.

Tässä mittauksessa tulokseksi saatiin 0,40 s.

Kaiun suositusaika SFS 5907 mukaan päiväkotien leikkihuoneisiin on 0,5-0,6 s.

RakMK C1 mukaan kaiun suositusaika on 0,6 s.



Liite 15. Tuurin koulu

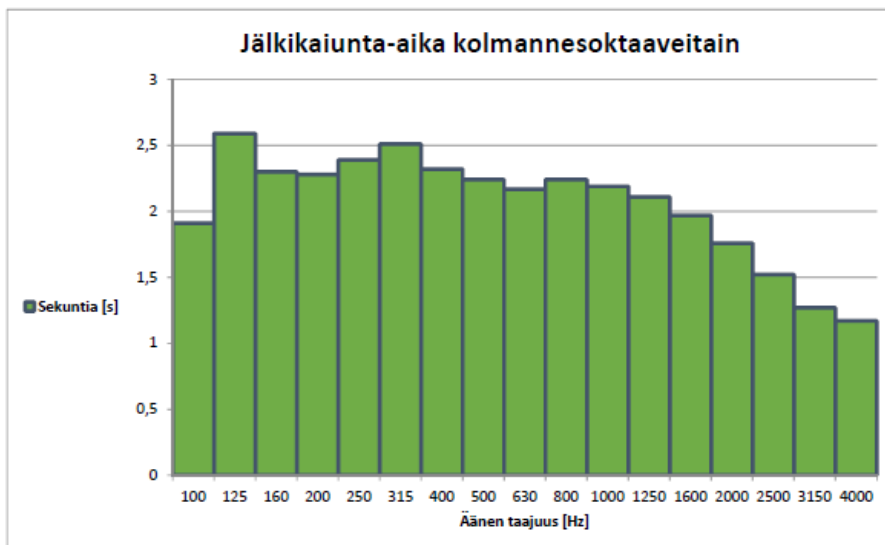
Jälkikaiunta-aika

Mittaus 28.12.2017

Mittaja: Riku Poikkijoki

Tila: Liikuntatila

| Hz | Sekuntia [s] |
|------|--------------|
| 100 | 1,91 |
| 125 | 2,59 |
| 160 | 2,30 |
| 200 | 2,28 |
| 250 | 2,39 |
| 315 | 2,51 |
| 400 | 2,32 |
| 500 | 2,24 |
| 630 | 2,17 |
| 800 | 2,24 |
| 1000 | 2,19 |
| 1250 | 2,11 |
| 1600 | 1,97 |
| 2000 | 1,76 |
| 2500 | 1,52 |
| 3150 | 1,27 |
| 4000 | 1,17 |



Jälkikaiunta-ajaksi valitaan ISO 3382-1 mukaan 500 Hz:n ja 1000 Hz:n mittauksien keskiarvo yhdellä numerolla ilmaistuna.

Tässä mittauksessa tulokseksi saatiin 2,22 s.

Kaiun suositusaika SFS 5907 mukaan koulujen liikuntatiloille on 1,3-1,9 s.

RakMK C1 mukaan kaiun suositusaika on 1,5-2,0 s.



Liite 16. Vanhainkoti Lukkarinhovi

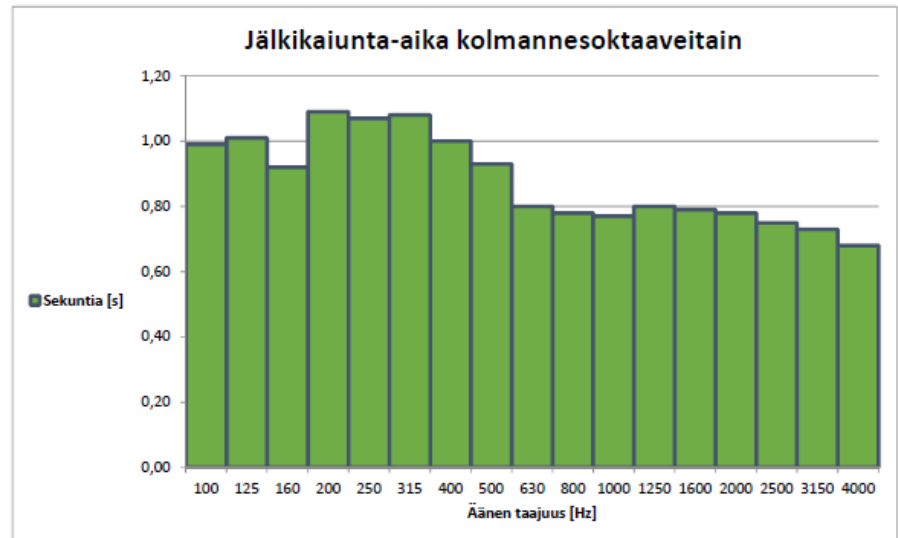
Jälkikaiunta-aika

Mittaus 3.1.2018

Mittaja: Riku Poikkijoki

Tila: Liikuntatila

| Hz | Sekuntia [s] |
|------|--------------|
| 100 | 0,99 |
| 125 | 1,01 |
| 160 | 0,92 |
| 200 | 1,09 |
| 250 | 1,07 |
| 315 | 1,08 |
| 400 | 1,00 |
| 500 | 0,93 |
| 630 | 0,80 |
| 800 | 0,78 |
| 1000 | 0,77 |
| 1250 | 0,80 |
| 1600 | 0,79 |
| 2000 | 0,78 |
| 2500 | 0,75 |
| 3150 | 0,73 |
| 4000 | 0,68 |



Jälkikaiunta-ajaksi valitaan ISO 3382-1 mukaan 500 Hz:n ja 1000 Hz:n mittauksien keskiarvo yhdellä numerolla ilmaistuna.

Tässä mittauksessa tulokseksi saatiin 0,85 s.

Kaiun suositusaika SFS 5907 mukaan vanhusten palvelutalojen liikuntatiloissa on 0,6-1,0 s.



Liite 17. Mittaukset

| Nimi | Mitattava tila | Jälkikaiunta-aika (s) | SFS 5907 enimmäisarvo | RakMK C1 enimmäisarvo |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| Alavuden lukio | Auditorio | 0,84 | 0,9 | 0,9 |
| Alavuden yläkoulu | Liikuntatila | 1,64 | 1,9 | 2,0 |
| Aseman koulu | Liikuntatila | 1,84 | 1,9 | 2,0 |
| Iivarin koulu | Liikuntatila | 2,35 | 1,9 | 2,0 |
| Kirkkomännikön koulu | Liikuntatila | 2,46 | 1,9 | 2,0 |
| Kunto-Lutra | Liikuntatila | 1,60 | 1,9 | 2,0 |
| Päiväkoti Huvikumpu | Leikkihuone | 0,44 | 0,6 | 0,6 |
| Päiväkoti Kekkula | Leikkihuone 1 | 0,36 | 0,6 | 0,6 |
| | Leikkihuone 2 | 0,34 | 0,6 | 0,6 |
| Päiväkoti Pikku-Iivari | Leikkihuone 1 | 0,46 | 0,6 | 0,6 |
| | Leikkihuone 2 | 0,52 | 0,6 | 0,6 |
| Päiväkoti Pikku-Trimmi | Ruokala | 0,66 | 1,0 | 1,3 |
| Päiväkoti Sydänkäpy | Leikkihuone | 0,34 | 0,6 | 0,6 |
| Päiväkoti Tenavatalo | Vekarat leikkihuone | 0,52 | 0,6 | 0,6 |
| | Naperot keittiö+leikkihuone | 0,50 | 0,6 | 0,6 |
| | Naperot lepohuone | 0,36 | 0,6 | 0,6 |
| Päiväkoti Tervanalle | Leikkihuone | 0,83 | 0,6 | 0,6 |
| Päiväkoti Veturiville | Leikkihuone | 0,40 | 0,6 | 0,6 |
| Tuurin koulu | Liikuntatila | 2,22 | 1,9 | 2,0 |
| Vanhainkoti Lukkarinhovi | Liikuntatila | 0,85 | 1,0 | - |